

SKRIPSI - ME091329

ANALISA KINERJA ALAT DESTILASI PENGHASIL AIR TAWAR DENGAN SISTEM EVAPORASI UAP TENAGA SURYA

Dewi Jumineti
NRP 4210 100 010

Dosen Pembimbing
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D
Beni Cahyono, ST., MT

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014



FINAL PROJECT - ME091329

PERFORMANCE ANALYSIS OF DESTILLATION SYSTEM FOR PRODUCING FRESH WATER BY SOLAR EVAPORATOR SYSTEM

Dewi Jumineti
NRP 4210 100 010

Lecturers
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D
Beni Cahyono, ST., MT

Department Of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KINERJA ALAT DESTILASI PENGHASIL AIR TAWAR DENGAN SISTEM EVAPORASI UAP TENAGA SURYA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Emperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
Dewi Jumineti
NRP 4210 100 010

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

Ir. AA. Masroeri, M.Eng, D.Eng



SURABAYA
Agustus 2014

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KINERJA ALAT DESTILASI PENGHASIL AIR TAWAR DENGAN SISTEM EVAPORASI UAP TENAGA SURYA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Emperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
Dewi Jumineti
NRP 4210 100 010

Disetujui oleh Dosen Pembimbing :

1. Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D

2. Beni Cahyono, ST., MT

SURABAYA
Agustus 2014

ANALISA KINERJA ALAT DESTILASI PENGHASIL AIR TAWAR DENGAN SISTEM EVAPORASI UAP TENAGA SURYA

Nama : Dewi Jumineti
NRP : 4210100010
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Pembimbing : Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D
Beni Cahyono., ST., MT

Abstrak

Masyarakat pesisir di Indonesia mendapatkan air tawar dengan cara membeli. Sehingga mereka harus menyiapkan biaya untuk membeli air tawar disamping biaya untuk kebutuhan sehari-hari. Jika air payau yang terdapat pada mata air di rumah-rumah dapat diubah menjadi air tawar, maka biaya yang dikeluarkan oleh masyarakat pesisir akan menjadi lebih murah. Penelitian ini dititik beratkan pada performansi alat destilasi penghasil air tawar menggunakan sistem evaporasi uap tenaga surya dengan menganalisa Intensitas matahari terhadap distribusi temperatur, daya pada apparatus, sudut kemiringan panel dan efisiensi dari apparatus. Analisa didapat menggunakan variabel manipulasi pada sudut kemiringan apparatus (θ pada 20° , 21° , 22° , 23° dan 24°) dan volume apparatus pada kondisi $\frac{1}{2}$ penuh dan $\frac{3}{4}$ penuh. Pada percobaan yang dilakukan, diperoleh hubungan antara Intensitas Matahari dengan distribusi temperatur, daya evaporator (Q_{net}), sudut kemiringan panel (θ) dan efisiensi evaporator (η) dari panel apparatus mengalami fluktuasi dan mengalami titik balik maksimum pada sudut 20° pada volume tube $\frac{1}{2}$ penuh dan $\frac{3}{4}$ penuh. Pada sudut kemiringan 20° dengan volume tube $\frac{1}{2}$ penuh dan temperatur lingkungan 36°C , diperoleh distribusi temperatur pada kaca 49°C , temperatur udara 59°C dan temperatur tube luar 67°C . Pada sudut kemiringan 20° dengan volume tube $\frac{3}{4}$ penuh dan temperatur lingkungan 34°C , diperoleh distribusi temperatur pada kaca 48°C , temperatur udara 60°C ,

Temperatur tube luar 68°C . Berdasarkan hasil perhitungan pada sudut 20° dengan volume tube $\frac{1}{2}$ penuh diperoleh hasil Intensitas matahari sebesar $1603,497 \text{ watt/m}^2$ sehingga diperoleh daya evaporator sebesar $434,67 \text{ watt}$ dan temperatur air pada tube $64,7^{\circ}\text{C}$ dengan efisiensi evaporator 92% . Hasil perhitungan pada sudut 20° dengan volume $\frac{3}{4}$ penuh diperoleh hasil Intensitas matahari sebesar $1803,545 \text{ watt/m}^2$ diperoleh daya evaporator sebesar $498,48 \text{ watt}$ dan temperatur air pada tube $65,37^{\circ}\text{C}$ dengan efisiensi evaporator 93% .

Kata Kunci : daya evaporator, efisiensi evaporator, Intensitas matahari, Sudut kemiringan, temperatur air pada tube.

PERFORMANCE ANALYSIS OF DESTILLATION SYSTEM FOR PRODUCING FRESH WATER BY SOLAR EVAPORATOR SYSTEM

Name : Dewi Jumineti
NRP : 4210100010
Department : Marine Engineering
Supervisor : Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D
Beni Cahyono., ST., MT

Abstract

Coastal communities in Indonesia get fresh water by way of purchase. So they have to prepare a cost to purchase in addition to the cost of fresh water for daily needs. If the brackish water found in springs in homes can be converted into fresh water, the costs incurred by the coastal communities will become cheaper. This research emphasizes on the performance of the distillation equipment producing fresh water using solar steam evaporation system by analyzing the intensity of the sun on the temperature distribution, power apparatus, panel tilt angle and the efficiency of the apparatus. Analysis obtained using the variable manipulation on the angle of the apparatus (θ at 20° , 21° , 22° , 23° , 24°) and the volume of the apparatus on the condition of full $\frac{1}{2}$ and $\frac{3}{4}$ full. In the experiment, the obtained relationship between the intensity of the sun with the temperature distribution, power the evaporator (Q_{net}), panel angle (θ) and evaporator efficiency (η) of the apparatus panel has fluctuated and had a maximum turning point at an angle of 20° to the tube $\frac{1}{2}$ full volume and $\frac{3}{4}$ full. At the angle of 20° with the tube $\frac{1}{2}$ full volume and ambient temperature 36°C , the temperature distribution in the glass obtained 49°C , 59°C air temperature and outdoor temperature 67°C tube. At the angle of 20° with volume tube $\frac{3}{4}$ full and 34°C ambient temperature, the temperature distribution in the glass obtained 48°C , 60°C air temperature, outside temperature 68°C

tube. Based on the calculation at an angle of 20° with the volume of tube $\frac{1}{2}$ full sun intensity results obtained by $1603.497 \text{ watt/m}^2$ in order to obtain power of 434.67 watt and evaporator water temperature at the evaporator tube $64,7^\circ\text{C}$ with 92% efficiency. The results of the calculation at an angle of 20° with the results obtained volume $\frac{3}{4}$ full sun intensity at $1803.545 \text{ watt/m}^2$ was obtained at 498.48 watt power evaporators and the water temperature at the evaporator tube $65,37^\circ\text{C}$ with 93% efficiency.

Keywords: Efficiency of evaporator, The intensity of the sun, power evaporator, tilt angle, water temperature in the tube.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Segala puji bagi Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga berhasil menyelesaikan skripsi ini dengan baik yang berjudul “*Analisa Kinerja Alat Destilasi Penghasil Air Tawar Dengan Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya*”.

Pada penyusunan skripsi ini, banyak bantuan, bimbingan, serta dorongan motivasi dari berbagai pihak yang diberikan pada penulis. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberi kemudahan dalam setiap permasalahan yang dialami dalam pengerjaan penelitian
2. Almarhum Ayah Iskandar yang selalu sabar dalam membimbing, memotivasi dan senantiasa mendoakan dan memberi dukungan semangat.
3. Ibu dan suami yang telah memberi semangat selama perkuliahan.
4. Bapak Dr. Ir. AA Masroeri, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
5. Bapak Dr. I Made Ariana ST., MT, Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
6. Bapak Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D, selaku dosen pembimbing pertama yang memberikan ilmu dan bimbingan dan motivasi dalam penelitian ini.
7. Bapak Beni Cahyono, ST., MT, selaku dosen pembimbing kedua yang memberikan ilmu dan semangat dalam penelitian ini.
8. Bapak Dr. Ir. Agung Zuhdi M.F., M.Eng, selaku dosen wali yang menuntun saya selama proses perkuliahan.
9. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingannya dan fasilitas selama perkuliahan.

10. Partner Tugas Akhir yaitu Khilmi Affandi dan Nadia Handayani yang telah bekerja sama menyelesaikan penelitian ini.
11. Teman-teman laboratorium Mesin Fluida dan Sistem yaitu Yolanda Putri Yuda, Adhi Siswanto, Nur Muhammad Irfan, Ardian Rosady, Abdan Alkahf, dan teman-teman grader yang selalu memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
12. Teman-teman PINISI'10 – Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2010 atas dukungan, bantuan dan motivasinya.
13. Semua pihak yang terlibat dalam pengerjaan laporan Tugas Akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Selaku penulis kami menyadari terdapat beberapa kekurangan ataupun hal yang mungkin tidak berkenan bagi pembaca. Penulis mohon maaf atas segala kesalahan penulisan maupun kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Kritik dan saran dari pembaca kami butuhkan untuk penyusunan laporan yang lebih baik lagi. Terimakasih

Wassalamualaikum Wr.Wb

Surabaya, 5 Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
SURAT PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Hasil Tugas Akhir	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Alat Destilasi	5
2.2 Kolektor Panas	6
2.3 Aluminium Foil	8
2.4 Radiasi	8
2.5 Konveksi	9
2.6 Konduksi	11
2.7 Air Payau	12
2.8 Air Tawar	15
2.9 Hambatan Panas	16
2.10 Intensitas Matahari	18
2.11 Perhitungan daya	19
2.12 <i>Mass Flow Rate</i>	19
2.13 Effisiensi Alat Destilasi	20

2.14 Pipa Kapiler	20
BAB III METODOLOGI	23
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	23
3.2 Studi Literatur	23
3.3 Objek Penelitian	24
3.4 Desain Alat Evaporator	24
3.5 Pelaksanaan Praktikum dan Pengumpulan data	26
3.5.1 Pelaksanaan Praktikum	26
3.5.2 Pengambilan data	28
3.6 Analisa Data Percobaan	28
3.7 Penarikan Kesimpulan	29
3.8 <i>Flow Chart</i> Pengerjaan Skripsi	30
BAB IV ANALISA AWAL	31
4.1 Desain Panel Evaporator	31
4.2 Perhitungan Keseimbangan Sistem	32
4.3 Perhitungan Intensitas Matahari	34
4.4 Perhitungan Daya diterima air	34
4.5 Perhitungan Temperatur Udara Panel Evaporator	35
4.6 Perhitungan Dimensi Tube	36
4.7 Perhitungan Mass Flow Rate	37
4.8 Perhitungan Panjang Pipa Kapiler	38
4.9 Dimensi Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya	39
BAB V SPESIFIKASI TEKNIS KOMPONEN	41
5.1 Desain dan Gambar Sistem Percobaan	41
5.2 Spesifikasi Teknis Komponen	42
BAB VI ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	51
6.1 Data Hasil Praktikum	51
6.2 Perhitungan Daya (Q_{net}) Sistem Percobaan	56
6.3 Tabel dan Grafik Analisa Hasil Percobaan	59
6.3.1 Grafik Analisa Distribusi Temperatur	59
6.3.2 Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan	71

6.3.3 Intensitas Matahari dengan Efisiensi Panel Evaporator	86
6.3.4 Intensitas Matahari dengan Uap Air yang Dihasilkan	101
6.3.5 Intensitas Matahari dengan Sudut Kemiringan Panel Evaporator	103
6.3.6 Intensitas Matahari dengan Hari Praktikum	104
6.3.7 Hari Praktikum dengan Temperatur Udara Panel Evaporator	105
6.3.8 Hari Praktikum dengan <i>Mass Flow Rate</i> Uap	107
6.3.9 Hari Praktikum dengan Daya Panel Evaporator	109
6.3.10 Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan Daya yang Dihasilkan	107
6.3.11 <i>Heat resistance</i> pada panel evaporator.....	110
6.3.12 Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan Effisiensi Panel Evaporator	112
6.3.13 Perhitungan Dimensi Evaporator Uap Berdasarkan Kebutuhan	113
 BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	117
7.1 Kesimpulan	117
7.2 Saran	118
 DAFTAR PUSTAKA	119
LAMPIRAN	123
BIODATA PENULIS	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alat destilasi	5
Gambar 2.2	Tingkat frekuensi hantaran berdasarkan warna ..	8
Gambar 2.3	Kerugian panas pada panel sistem evaporasi uap tenaga surya	16
Gambar 2.4	Instalasi Pipa Kapiler dengan Kompresor	21
Gambar 3.1	Desain alat Destilasi dengan Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya yang Direncanakan	25
Gambar 3.2	Diagram Alir Pengerjaan Skripsi	30
Gambar 4.1	Gambar Aliran Sistem	32
Gambar 5.1	Rangkaian Alat Destilasi	41
Gambar 5.2	Pipa Tembaga	43
Gambar 5.3	Panel Evaporator	43
Gambar 5.4	Fitting “T”	44
Gambar 5.5	Fitting “L”	44
Gambar 5.6	Selang dan Klem	45
Gambar 5.7	Pipa Kapiler	45
Gambar 5.8	Tanki Air Payau dan <i>Stop Valve</i>	46
Gambar 5.9	Tanki Air Tawar	46
Gambar 5.10	Vacum Pump	47
Gambar 5.11	Aluminium Foil	47
Gambar 5.12	Klem Kaca	48
Gambar 5.13	Termometer	48
Gambar 5.14	Busur	49
Gambar 5.15	<i>Pressure Gauge</i> dan Katup	49
Gambar 5.16	Gelas Ukur	50
Gambar 5.17	Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya	50
Gambar 6.1	Grafik Distribusi Temperatur 1/7/2014	60
Gambar 6.2	Grafik Distribusi Temperatur 2/7/2014	61
Gambar 6.3	Grafik Distribusi Temperatur 3/7/2014	62
Gambar 6.4	Grafik Distribusi Temperatur 4/7/2014	63
Gambar 6.5	Grafik Distribusi Temperatur 5/7/2014	64
Gambar 6.6	Grafik Distribusi Temperatur 6/7/2014	65
Gambar 6.7	Grafik Distribusi Temperatur 10/7/2014	66

Gambar 6.8	Grafik Distribusi Temperatur 11/7/2014	67
Gambar 6.9	Grafik Distribusi Temperatur 12/7/2014	68
Gambar 6.10	Grafik Distribusi Temperatur 13/7/2014	69
Gambar 6.11	Grafik Distribusi Temperatur pada Hari Praktikum	70
Gambar 6.12	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 1/7/2014	71
Gambar 6.13	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 2/7/2014	73
Gambar 6.14	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 3/7/2014	74
Gambar 6.15	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 4/7/2014	76
Gambar 6.16	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 5/7/2014	77
Gambar 6.17	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 6/7/2014	79
Gambar 6.18	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 10/7/2014	80
Gambar 6.19	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 11/7/2014	82
Gambar 6.20	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 12/7/2014	83
Gambar 6.21	Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 13/7/2014	85
Gambar 6.22	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 1/7/2014	86
Gambar 6.23	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 2/7/2014	88
Gambar 6.24	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 3/7/2014	89
Gambar 6.25	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 4/7/2014	91
Gambar 6.26	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 5/7/2014	92

Gambar 6.27	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 6/7/2014	94
Gambar 6.28	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 10/7/2014	95
Gambar 6.29	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 11/7/2014	97
Gambar 6.30	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 12/7/2014	98
Gambar 6.31	Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi Pada 13/7/2014	100
Gambar 6.32	Grafik Volume Uap yang dihasilkan dengan Hari Praktikum	102
Gambar 6.33	Grafik Intensitas Matahari dengan Sudut Kemiringan	103
Gambar 6.34	Grafik Intensitas Matahari dengan Hari Praktikum	104
Gambar 6.35	Grafik Hari Praktikum dengan Temperatur Udara dalam Panel Evaporator	106
Gambar 6.36	Grafik Hari Praktikum dengan <i>Mass Flow Rate</i> Uap	107
Gambar 6.37	Grafik Hari Praktikum dengan Daya yang Dihasilkan	108
Gambar 6.38	Grafik Sudut Kemiringan dengan Daya yang Dihasilkan	109
Gambar 6.39	Grafik <i>Heat Resistance</i> pada Panel Evaporator	111
Gambar 6.40	Grafik Sudut Kemiringan dengan Effisiensi ...	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Kira-Kira Koefisien Perpindahan Panas Konveksi	11
Tabel 2.2	Penyebaran Radiasi di Indonesia Februari 2008	18
Tabel 3.1	Jadwal Pelaksanaan Praktikum	27
Tabel 6.1	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 1/7/2014.....	51
Tabel 6.2	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 2/7/2014.....	52
Tabel 6.3	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 3/7/2014.....	52
Tabel 6.4	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 4/7/2014.....	53
Tabel 6.5	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 5/7/2014.....	53
Tabel 6.6	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 6/7/2014.....	54
Tabel 6.7	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 10/7/2014.....	54
Tabel 6.8	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 11/7/2014.....	55
Tabel 6.9	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 12/7/2014.....	55
Tabel 6.10	Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 13/7/2014.....	56
Tabel 6.11	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 1/7/2014	71
Tabel 6.12	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 2/7/2014	72
Tabel 6.13	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 3/7/2014	74

Tabel 6.14	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 4/7/2014	75
Tabel 6.15	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 5/7/2014	77
Tabel 6.16	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 6/7/2014	78
Tabel 6.17	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 10/7/2014	80
Tabel 6.18	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 11/7/2014	81
Tabel 6.19	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 12/7/2014	83
Tabel 6.20	Data Intensitas Matahari dengan Daya Yang Dihasilkan pada 13/7/2014	84
Tabel 6.21	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 1/7/2014	86
Tabel 6.22	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 2/7/2014	87
Tabel 6.23	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 3/7/2014	89
Tabel 6.24	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 4/7/2014	90
Tabel 6.25	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 5/7/2014	92
Tabel 6.26	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 6/7/2014	93
Tabel 6.27	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 10/7/2014	95
Tabel 6.28	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 11/7/2014	96
Tabel 6.29	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 12/7/2014	98
Tabel 6.30	Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 13/7/2014	99

Tabel 6.31	Data Intensitas Matahari dengan Uap Air yang Dihasilkan	101
Tabel 6.32	Data Intensitas Matahari dengan Sudut Kemiringan Panel Evaporator	103
Tabel 6.33	Data Hari Praktikum dengan Temperatur Udara Panel Evaporator	105
Tabel 6.34	Data Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan Daya yang Dihasilkan	109
Tabel 6.35	Data Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan <i>Heat Resistance</i>	110
Tabel 6.36	Data Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan Effisiensi Panel Evaporator	112



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari pulau-pulau yang jumlahnya berkisar 6000 pulau dan memiliki wilayah laut yang lebih besar dibandingkan dengan jumlah daratan. Dengan jumlah pulau yang banyak, maka akan memiliki jumlah daerah pesisir yang semakin banyak pula. Kondisi air pada daerah pesisir sebagian besar berupa air payau.

Air payau merupakan air tawar yang bercampur dengan air laut dan terkontaminasi dengan unsur-unsur logam. Tingkat keasaman pada air payau melebihi tingkat keasaman netral sehingga tidak layak untuk dikonsumsi. Unsur-unsur logam berlebih yang terdapat pada air payau juga membahayakan kesehatan sehingga tidak layak untuk dikonsumsi.

Masyarakat pesisir mendapatkan air tawar dengan cara membeli. Sehingga mereka harus menyiapkan biaya untuk membeli air tawar disamping biaya untuk kebutuhan sehari-hari. Jika air payau yang terdapat pada mata air di rumah-rumah dapat diubah menjadi air tawar, maka biaya yang dikeluarkan oleh masyarakat pesisir akan menjadi lebih murah. Salah satu solusi untuk mendapatkan air bersih yang layak minum pada daerah pesisir ialah dengan menggunakan alat destilasi. Alat destilasi merupakan alat pemisahan yang didasari atas perbedaan titik didih dari masing-masing zat penyusunnya. Air payau yang didapat dari sumber air daerah pesisir dimasukkan ke alat destilasi sehingga mendidih dan uapnya dikumpulkan pada wadah air tawar.

Alat destilasi membutuhkan pemanas untuk memanaskan air yang terdapat di dalamnya, pada penelitian ini sumber panas yang digunakan adalah panas matahari. Panas matahari lebih mudah didapat dan lebih murah karena terdapat bebas di alam dibandingkan dengan sumber panas yang lainnya. Penggunaan

panas matahari sebagai sumber panas pada penelitian ini disebut dengan istilah “Sistem evaporasi uap tenaga surya”. Sehingga penelitian ini membahas penggunaan Sistem evaporasi uap tenaga surya sebagai alat destilasi untuk produksi air tawar.

Alat destilasi dengan menggunakan teknologi Sistem evaporasi uap tenaga surya diharapkan dapat menghasilkan air tawar yang cukup untuk kebutuhan sehari-hari dengan biaya pengeluaran yang minim. Kelebihan dari alat destilasi dengan menggunakan Sistem evaporasi uap tenaga surya ialah biaya yang murah karena sumber panas yang didapatkan berasal dari matahari. Kekurangan dari alat destilasi dengan menggunakan teknologi Sistem evaporasi uap tenaga surya ialah jika musim hujan maka jumlah intensitas matahari yang diterima akan berkurang sehingga jumlah air tawar yang dihasilkan juga akan berkurang. Kelebihan dan kekurangan dalam penelitian ini, mungkin dapat dijadikan referensi dan dianalisa pada penelitian-penelitian berikutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, penelitian mengenai pengaruh panas matahari dengan kapasitas uap yang dihasilkan memiliki rumusan masalah diantaranya :

1. Bagaimana karakteristik dan kinerja dari alat destilasi dengan teknologi sistem evaporasi uap tenaga surya?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari skripsi ini adalah:

1. Analisa skripsi tidak mencakup analisa ekonomi.
2. Analisa skripsi tidak mencakup kondensor yang digunakan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari Skripsi ini adalah merancang prototipe alat destilasi dengan teknologi sistem evaporasi uap tenaga surya dan

mengetahui karakteristik dan kinerja dari alat destilasi dengan teknologi sistem evaporasi uap tenaga surya yang mencakup :

- a. Distribusi temperatur di dalam panel evaporator.
- b. Daya yang dihasilkan terhadap intensitas matahari.
- c. Pengaruh sudut kemiringan panel evaporator terhadap kinerja *thermal evaporator*.
- d. Efisiensi sistem evaporasi uap tenaga surya.

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Menghemat biaya untuk air minum bagi masyarakat pesisir.
2. Menghasilkan air tawar untuk kebutuhan air minum.

1.6 Hasil Tugas Akhir

Hasil dari Tugas Akhir ini ialah jurnal dan prototipe alat destilasi dengan menggunakan teknologi sistem evaporasi uap tenaga surya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat Destilasi

Pada prinsipnya destilasi merupakan cara untuk mendapatkan air bersih melalui proses penyulingan air kotor. Pada proses penyulingan terdapat proses perpindahan panas, penguapan, dan pengembunan. Perpindahan panas terjadi dari sumber panas menuju air kotor. Jika air terus - menerus dipanaskan maka akan terjadi proses penguapan. Uap ini jika bersentuhan dengan permukaan yang dingin maka akan terjadi proses kondensasi pada permukaan dingin tersebut. Pada proses destilasi yang diambil hanyalah air kondensatnya, kuman dan bakteri akan mati oleh proses pemanasan, dan kotoran akan mengendap di dasar basin. Salah satunya yang bisa digunakan yaitu energi matahari. Pada sistem destilasi air laut tenaga surya, plat penyerap sangat berperan penting karena berfungsi sebagai penyerap sinar radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi energi panas yang akan memanaskan air laut yang ada di atasnya (Ketut Astawa, Made Sucipta, I Putu Gede Artha, 2011).



Sumber: *Introductory Chemistry*, 1997

Gambar 2.1 Alat Destilasi

Proses destilasi merupakan proses yang mirip dengan proses daur air yang terjadi di alam yang bertujuan untuk membersihkan air dari kontaminan. Kandungan kemurnian air yang dihasilkan dari proses destilasi sangat tinggi dan sangat baik untuk kesehatan. (<http://www.purewaterinc.com> 2006). Titik embun hasil penguapan memiliki diameter yang variasi tergantung pada lapisan permukaan sehingga titik-titik embun itu akan membentuk cairan, mekanisme pindah panas yang efektif dan koefisien panas bahan sangat ekstrim juga menjadi faktor penentu dalam pembentukan titik embun (Cengel 2003 pada Taufik Akhirudin 2008).

Dalam pengembangan metode destilasi dengan menggunakan tenaga surya terdapat dua pendekatan. Pendekatan pertama yaitu menggunakan sinar surya sebagai sumber energi untuk menghasilkan air tawar dengan proses humidifikasi – dehumidifikasi. Pendekatan yang kedua yaitu penggunaan energi surya untuk peralatan destilasi yang digunakan bersamaan dengan jenis energi lain. Diantara kedua pendekatan ini yang paling banyak digunakan adalah pendekatan pertama (Sayigh 1977 pada Taufik Akhirudin 2008).

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode destilasi dengan pendekatan pertama yakni humidifikasi – dehumidifikasi. Dalam penelitian tenaga surya digunakan untuk memanaskan penyerap panas berupa kaca hitam sebagai penerima panas surya pada sistem. Cara kerja dari alat destilasi pada penelitian ialah memanfaatkan matahari sebagai pemanas dalam proses evaporasi air payau yang ada di dalam panel evaporasi.

2.2 Kolektor Panas

Kolektor panas merupakan suatu alat yang dapat menampung panas yang bertujuan untuk mencegah panas secara drastis. Berbagai jenis tipe kolektor panas telah banyak digunakan antara lain kolektor pelat datar, kolektor panas berbentuk tabung, kolektor pelat datar yang disusun dengan kemiringan tertentu,

kolektor yang diberi kaca penutup maupun kolektor yang berisi aliran air (Sayigh 1977 pada Taufik Akhirudin 2008).

Kolektor pelat datar biasanya dibuat miring menghadap ke atas pada lintasan matahari untuk menangkap secara langsung radiasi tenaga matahari dalam jumlah yang besar. Kemiringan sudut terhadap horizontal mempengaruhi kehilangan panas dari kolektor pada bagian belakang kolektor diberi insulator (Cengel 2003 pada Taufik Akhirudin 2008).

Prinsip kerja dari sistem kolektor surya yang dibuat miring akan menyebabkan air dingin yang masuk ke dalam kolektor akan mendapatkan transfer kalor baik secara konveksi maupun radiasi akibat terperangkapnya radiasi surya dalam kolektor yang dibatasi oleh pelat dan kaca bening tembus cahaya. Karena adanya transfer panas tersebut maka suhu air yang berada di dalam kolektor akan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu air ketika memasuki kolektor. Perbedaan suhu air di dalam kolektor ini akan menimbulkan adanya perbedaan massa jenis air sehingga memiliki kecenderungan untuk bergerak ke posisi yang lebih tinggi, demikian pula air di dalam pipa yang memiliki suhu lebih rendah memiliki massa jenis lebih besar dan cenderung bergerak ke bawah sehingga terjadi peristiwa konveksi secara alami (Irawan 2001 pada Taufik Akhirudin 2008).

Kolektor penyerap panas yang digunakan pada penelitian adalah kaca bercat hitam. Warna hitam memiliki tingkat penyerap panas lebih tinggi dibandingkan warna lain. Tingkat frekuensi tertinggi dihasilkan pada warna hitam, sehingga pada pembuatan prototipe menggunakan cat yang berwarna hitam pada kaca. Panas yang masuk ke kaca digunakan untuk memanaskan tube evaporator.



CLASS	FREQUENCY	WAVELENGTH	ENERGY
γ	300 EHz	1 pm	1.24 MeV
HX	30 EHz	10 pm	124 keV
SX	3 EHz	100 pm	12.4 keV
EUV	300 PHz	1 nm	1.24 keV
EU	30 PHz	10 nm	124 eV
NUV	3 PHz	100 nm	12.4 eV
NIR	300 THz	1 μ m	1.24 eV
MIR	30 THz	10 μ m	124 meV
FIR	3 THz	100 μ m	12.4 meV
EHF	300 GHz	1 mm	1.24 meV
SHF	30 GHz	1 cm	124 μ eV
UHF	3 GHz	1 dm	12.4 μ eV
VHF	300 MHz	1 m	1.24 μ eV
HF	30 MHz	1 dam	124 neV
MF	3 MHz	1 hm	12.4 neV
LF	300 kHz	1 km	1.24 neV
VF	30 kHz	10 km	124 peV
VLF	3 kHz	100 km	12.4 peV
ELF	300 Hz	1 Mm	1.24 peV
	30 Hz	10 Mm	124 feV

Gambar 2.2 Tingkat frekuensi hantaran berdasarkan warna

2.3 Aluminium Foil

Aluminium foil pada panel evaporator berfungsi untuk memantulkan radiasi dari sinar matahari yang masuk ke dalam sistem. Pada percobaan aluminium foil digunakan untuk memantulkan dan menjaga radiasi matahari pada panel evaporator, sehingga panas yang diserap tidak mudah untuk dilepaskan. Penggunaan aluminium foil diharapkan dapat mempertahankan kalor yang masuk ke sistem dalam proses evaporasi di dalam tube tembaga. Jika kalor yang tersimpan di dalam panel tinggi, maka suhu udara di dalam panel akan meningkatkan suhu tube tembaga dan air yang ada di dalam panel.

2.4 Radiasi

Radiasi dapat diartikan sebagai energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang. Dengan menggunakan radiasi dari sinar matahari dapat menghasilkan energy. Energi yang dihasilkan digunakan untuk mendidihkan air payau yang

dialirkan dari tanki air payau. Untuk mempercepat proses pendidihan maka digunakan degradasi warna hitam. Warna hitam berfungsi untuk mempercepat penyerapan panas matahari. Pada warna hitam, semua spectrum cahaya diserap , oleh karena itu energi radiasi yang diterima pada warna hitam menjadi semakin besar seiring bertambahnya spectrum cahaya yang diserap. Sebaliknya, pada warna putih semua spectrum cahaya dipantulkan sehingga efek yang dirasakan lebih sejuk.

Benda yang dapat memancarkan panas dengan sempurna disebut radiator yang sempurna dan dikenal sebagai benda hitam (*black body*). Sedangkan benda yang tidak dapat memancarkan panas dengan sempurna disebut dengan benda abu-abu (*gray body*) (Luqman Buchori, 2004).

Daya yang dihasilkan dari radiasi matahari dihitung berdasarkan persamaan :

$$P = e\tau T^4 A \quad (2.1)$$

Keterangan :

P = Daya radiasi (watt)

e = Koefisien emisivitas

τ = Konstanta Stefan Boltzman

T = Suhu Mutlak ($^{\circ}\text{K}$)

A = (Luas Penampang)

Suhu mutlak yang digunakan dalam perhitungan daya yang dihasilkan dari radiasi matahari adalah suhu lingkungan. Suhu lingkungan yang digunakan adalah suhu lingkungan pada daerah ITS-Surabaya yakni berkisar 30-35 $^{\circ}\text{C}$ pada siang hari.

Untuk benda hitam, nilai koefisien emisivitas adalah satu, sedangkan pada benda abu-abu, nilai emisivitasnya selalu lebih dari satu (Luqman Buchori, 2004).

2.5 Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan panas disertai dengan perpindahan partikel. Konveksi terjadi pada zat yang berbentuk gas dan cair. Pada alat destilasi, perpindahan panas secara

konveksi terjadi pada udara yang terdapat antara kaca dengan tube tembaga dan pada penguapan air payau. Persamaan untuk menghitung daya dari konveksi ialah :

$$P = hA\Delta T \quad (2.2)$$

Keterangan :

P = Daya konveksi (watt)

h = Laju perpindahan

A = Luas penampang (m^2)

ΔT = Perubahan suhu (watt)

Perpindahan panas konveksi terjadi melalui 2 cara yaitu :

1. Konveksi bebas/konveksi alamiah (*free convection/natural convection*)

Adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya.

Contoh : plat panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar.

2. Konveksi paksaan (*forced convection*)

Adalah perpindahan panas yang aliran gas atau carannya disebabkan adanya tenaga dari luar.

Contoh : plat panas dihembuskan udara dengan kipas/blower.

Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konveksi adalah hukum Newton. Hukum Newton menyatakan dengan :

$$q_c = h_c A (T_w - T_s) \quad (2.2)$$

atau

$$\frac{q_c}{A} = h_c (T_w - T_s) \quad (2.2)$$

Dimana : T = Suhu, $^{\circ}C(^{\circ}F)$

A = Luas permukaan, $m^2 (ft^2)$

h_c = koefisien perpindahan panas konveksi

(convection heat transfer coefficient),
 $W/m^2 \cdot ^\circ C$ (Btu/h.ft²·°F)
 (konstanta proporsionalitas)
 q_c = laju perpindahan panas konveksi, Watt (Btu/h)
 (Luqman Buchori, 2004)

Tabel 2.1 Nilai Kira-kira Keofisien Perpindahan Panas Konveksi

Bahan	h_c	
	$W/m^2 \cdot ^\circ C$	Btu/h.ft ² ·°F
Konveksi bebas, $\Delta T = 30^\circ C$		
Plat Vertikal, tinggi 0,3 cm (1 ft) di udara	4,5	0,79
Silinder horisontal, diameter 5 cm di udara	6,5	1,14
Silinder horisontal, diameter 2 cm di dalam air	890	157
Konveksi paksa		
Aliran udara 2 m/s di atas plat bujur sangkar 0,2 m	12	2,1
Aliran udara 35 m/s di atas plat bujur sangkar 0,75 m	75	13,2
udara 2 atm mengalir di dalam tabung diameter 2,5 cm, kecepatan 10 m/s	65	11,4
Air 0,5 kg/s mengalir di dalam tabung 2,5 cm	3500	616
aliran udara melintas silinder diameter 5 cm kecepatan 50 m/s	180	32
Air mendidih		
Dalam kolam atau bejana	2500 - 35.000	440 - 6200
Mengalir dalam pipa	5000 - 100.000	880 - 17.600
Pengembunan uap air, 1 atm		
Muka Vertikal	4000 - 11.300	700 - 2000
Di luar tabung horisontal	9500 - 25.000	1700 - 4400

(Sumber : Luqman Buchori, 2004)

2.6 Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas melalui suatu zat tanpa disertai perpindahan partikel-partikelnya. Pada alat destilasi, perpindahan panas secara konduksi terjadi pada kaca

dan pipa tembaga. Persamaan untuk menghitung daya dari konduksi ialah :

$$P = kA \frac{\Delta T}{d} \quad (2.3)$$

Keterangan :

k = konduktivitas thermal penghantar panas

A = Luas penampang (m^2)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}K$)

d = Tebal Material (m)

Benda yang mampu menghantarkan kalor dengan baik sehingga memiliki konduktivitas yang baik disebut konduktor. Contoh konduktor ialah logam (tembaga, aluminium, seng, dsb). Sedangkan benda yang tidak mampu menghantarkan kalor dengan baik sehingga memiliki nilai konduktivitas thermal yang buruk disebut isolator. Contoh isolator ialah sterofoam, karet, plastik, dsb.

Namun dalam hal ini, pada penjabaran rumus perpindahan panas konduksi, nilai konduktivitas panas selalu dianggap tetap terhadap suhu, meskipun disadari bahwa pada umumnya konduktivitas panas dipengaruhi suhu, tetapi kenyataan pengaruh suhu pada konduktivitas panas tidak begitu besar. Untuk benda yang konduktivitas panasnya tidak dipengaruhi atau/atau latak titik dalam benda disebut ISOTROPIK. Tetapi, untuk benda berserat, misalnya kayu, maka konduktivitas panas yang diukur sepanjang serat kayu pada penampang kayu akan berbeda disebut ANISOTROPIK (Luqman Buchori, 2004).

2.7 Air Payau

Air payau merupakan campuran antara air laut dengan air tawar. Air payau banyak terdapat pada daerah pesisir. Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah berbagai ion yang

terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), Klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-). Salinitas dinyatakan dalam satuan gram/kg atau promil (‰) (Yusuf E, 2009).

Air di kategorikan se bagai air payau bila konsentrasi garamnya 0,05 sampai 3‰ atau menjadi *saline* bila konsentrasinya 3 sampai 5‰. Lebih dari 5‰ disebut *brine*.

Air payau adalah air yang salinitasnya lebih rendah dari pada salinitas rata-rata air laut normal (<35 permil) dan lebih tinggi dari pada 0,5 permil yang terjadi karena pencampuran antara air laut dengan air tawar baik secara alamiah maupun buatan. Banyak sumur-sumur yang airnya masih mengandung ion-ion besi (Fe^{2+}), natrium (Na^+), zink (Zn^{2+}), sulfat (SO_4^{2-}), dan clorida (Cl^-) yang cukup tinggi. (Etikasari Yusuf dkk, 2009)

Air payau mempunyai karakteristik atau sifat-sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu :

1. Karakteristik fisik
 - a. Merupakan cairan tak bewarna
 - b. Mempunyai densitas = 1,02 dengan pH 7,8-8,2
 - c. Mempunyai titik beku = $-2,78^\circ\text{C}$ dan titik didih = $101,1^\circ\text{C}$
 - d. Suhu rata-rata $\pm 25^\circ\text{C}$
 - e. Rasanya pahit dan aromanya tergantung pada kemurniannya.

2. Karakteristik kimia

Karakteristik kimia yang ada dalam air dapat merugikan lingkungan. Berikut ini beberapa karakteristik kimia dari air bersih :

- a. Derajat keasaman (pH) antara 6 - 8,5
- b. Jumlah kesadahan (*Total Hardness*)
- c. Zat organik
- d. CO_2 agresif tinggi

e. Kandungan unsur kimiawi seperti . yang banyak terkandung dalam air sumur payau adalah Fe^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , Mn^{2+} , Zn^{2+} . (Wulandari A, 2009).

3. Karakteristik biologi

Termasuk karakteristik biologi adalah ganggang, lumut, dan mikroorganisme lainnya yang dapat mengganggu kesehatan, walaupun terdapat dalam jumlah kecil . (Yusuf E, 2009)

a) Pengaruh kandungan zat Besi dan Mangan

Kandungan zat besi dan mangan pada air kan menyebabkan air menjadi keruh ketika dilihat secara visual. Kandungan zat besi dan mangan dalam air berbahaya bagi kesehatan. Jika zat besi dan mangan tersebut berada alam air maka dapat menyebabkan rasa tak enak, noda, dan masalah . Karena zat besi dan mangan secara kimiawi serupa, mereka menyebabkan masalah yang sama. Besi akan menyebabkan noda berwarna coklat kemerahan pada cucian, porselen, piring, peralatan, dan bahkan barang pecah belah. Mangan bertindak dengan cara yang sama tetapi menyebabkan noda hitam kecoklatan. Sabun dan detergen tidak menghilangkan noda ini, dan penggunaan pemutih malah menambah noda.

b) Pengaruh Kandungan Zat Klorida dan Sulfat

Kadar Klorida dan Sulfat dalam air diperlukan untuk kebutuhan akan unsur mineral dengan kadar yang pas sesuai dengan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Kadar Cl yang diperoleh pada air input adalah 0,244 mg/l dan air output 1,223 mg/l, 1,468 mg/l dan 1,467 mg/l sedangkan kadar SO_4 yang diperoleh pada air input 7,53 mg/l dan air output 2,77 mg/l, 3,47 mg/l dan 5,78 mg/l. Berdasarkan hasil penyelidikan diperoleh bahwa kadar Cl dan SO_4 pada air bersih yang diproduksi oleh PDAM Tirtasari Binjai telah memenuhi standar air bersih menurut Menteri Kesehatan Republik Indonesia

No.907/MENKES/SK/VII/2002. Kandungan Klorida dan Sulfat yang berlebih pada air akan menyebabkan gangguan pencernaan

c) Pengaruh Kandungan Natrium

Natrium adalah salah satu unsur utama dari kerak mineral, sedimen, dan perairan laut. Natrium dan klorin adalah dua elemen yang paling banyak dalam air laut. Mineral utamanya adalah garam yang mengendap akibat penguapan air laut.

d) Pengaruh Kandungan Seng

Meskipun seng merupakan persyaratan penting bagi kesehatan yang baik, seng berlebih bisa berbahaya. Penyerapan yang berlebihan dari seng dapat menekan penyerapan tembaga dan penyerapan zat besi.

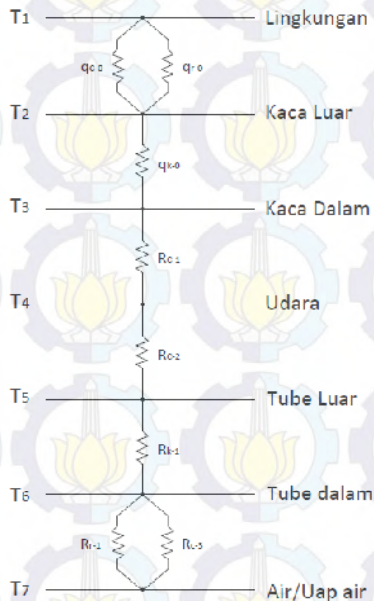
2.8 Air Tawar

Air tawar yang dihasilkan dari alat destilasi diharapkan berupa air minum yang memenuhi standar PERMENKES 1990. Di dalam Permenkes tersebut, ada puluhan jenis parameter yang diatur. Tiap jenis parameter diatur berbeda untuk air minum. Misalnya tidak boleh berbau dan tidak boleh berasa. Untuk warna diukur dengan skala TCU (*True Color Unit*), maksimal air minum 5 TCU. Kekeruhan diukur dengan skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*), maksimal air minum 5 NTU dan berdasarkan tingkat kandungan garam (salinitas).

2.9 Hambatan panas

Hambatan panas merupakan rugi-rugi yang terdapat dalam lingkungan dan panel sistem evaporasi uap tenaga surya. Kerugian pada lingkungan diakibatkan karena adanya angin dan radiasi yang dipantulkan. Kerugian pada panel sistem evaporasi uap tenaga surya diakibatkan karena konduksi pada kaca, konveksi antara udara antara kaca dengan pipa, konduksi pada pipa tembaga, konveksi dari aliran fluida cair menjadi uap.

Pada sistem yang didesain, persamaan kerugian dibagi menjadi 2, yaitu kerugian pada bagian atas, dan kerugian pada bagian bawah. Kerugian bagian atas merupakan kerugian yang terdapat pada panel sistem evaporasi uap tenaga surya dan kerugian bagian bawah merupakan kerugian yang diakibatkan isolasi pada panel, berupa penutup bagian bawah panel.



Gambar 2.3 Kerugian panas pada panel Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya

Koefisien kerugian panas pada bagian bawah disebabkan karena isolasi. Isolasi yang digunakan adalah triplek dengan ketebalan 5 mm. Perhitungan kerugian bagian bawah ditunjukkan pada persamaan di bawah :

a) Hambatan angin

Hambatan angin merupakan hambatan yang diakibatkan karena angin pada prototipe. Kecepatan angin yang digunakan pada perhitungan ialah kecepatan angin rata-rata di Surabaya yaitu 2 m/s. Persamaan koefisien hambatan angin ditunjukkan pada persamaan :

$$h_{c-0} = 5.7 + 3.8v \quad (2.4)$$

Keterangan :

h_{c-0} : koefisien hambatan angin

v : kecepatan angin Surabaya

b) Hambatan radiasi luar

Hambatan radiasi luar merupakan hambatan yang disebabkan karena radiasi yang dipantulkan kaca terhadap intensitas panas yang diterima dari matahari.

$$h_{r-0} = \varepsilon_c \sigma (T_g^4 - T_{langit}^4) \quad (2.5)$$

Keterangan :

ε_c = emisivitas kaca

σ = koefisien Stefan Boltzman

T_g = suhu permukaan kaca

T_{langit} = suhu langit ($0.0552(T_a)^{1.5}$)

c) Hambatan konduksi

Hambatan konduksi terdapat pada kaca dan tube tembaga merupakan hambatan yang disebabkan karena konduktivitas material. Hambatan konduksi dipengaruhi oleh ketebalan material dan luas permukaan material. Untuk memperkecil nilai hambatan pada kaca, dilakukan dengan cara memperbesar luas penampang dan memperkecil ketebalan kaca. Persamaan untuk mendapatkan nilai hambatan konduksi pada kaca ialah :

$$h_{k-1} = \frac{\Delta x}{kA} \quad (2.6)$$

Keterangan :

Δx = ketebalan material

k = konduktivitas material

A = luas permukaan material

2.10 Intensitas Matahari

Intensitas matahari merupakan daya radiasi matahari yang diterima per satuan luas. Intensitas matahari yang diterima dari tiap wilayah berbeda-beda. Berikut ini merupakan data persebaran radiasi matahari di Indonesia:

Tabel 2.2 Penyebaran Radiasi di Indonesia Februari 2008

WILAYAH	POTENSI RADIASI	VARIASI BULANAN
Kawasan Barat Indonesia (KBI)	Per hari 4.5 kWh/m ²	10 %
Kawasan Timur Indonesia (KIT)	Per hari 5.1 kWh/m ²	9 %
Rata-Rata Wilayah Indonesia	4.5 – 4.8 kWh/m ² /hari	9.5 %

(sumber: "<http://theindonesiannoor.com/index2.html>".)

Data penyebaran radiasi di Indonesia tersebut, kemudian digunakan untuk menghitung intensitas matahari. Intensitas matahari tergantung pada tanggal dari waktu pengujian. Persamaan untuk mengetahui intensitas matahari ialah :

$$IT = G_R \left[1 + 0.333 \cos \left(\frac{360n}{365.25} \right) \right] \quad (2.7)$$

Keterangan :

GR = Konstanta radiasi surya (W/m^2)

n = Urutan hari percobaan

Urutan hari percobaan dihitung mulai tanggal 1 Januari. Misalkan percobaan dilakukan di tanggal 2 Februari, maka nilai n ialah 34.

2.11 Perhitungan Daya

Perhitungan daya berdasarkan koefisien losses menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} Q_{\text{nett}} &= Q_{\text{in}} - Q_{\text{loss}} \\ &= (\alpha \cdot IT \cdot Ac \cdot \tau) - (U_p \cdot Ac \cdot \Delta T) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Keterangan :

α = Absorptivitas kaca

Ac = Luas permukaan yang terkena pancaran sinar matahari

τ = Koefisien transmisivitas kaca

IT = Intensitas matahari

ΔT = Perbedaan Suhu

2.12 Mass Flow Rate

Perhitungan *massa flow rate* merupakan perbandingan antara daya yang diterima dengan selisih entalpi fluida pada temperatur dan fase tertentu. *Mass flow rate* dihitung pada laju uap yang dihasilkan dalam proses evaporasi.

$$\dot{m} = \frac{Q}{\Delta h} \quad (2.9)$$

Keterangan :

Q = Daya kalor sistem (watt)

Δh = Perbedaan entalpi awal dan akhir (kJ/kg)

2.13 Efisiensi Alat Destilasi

Efisiensi alat destilasi digunakan untuk mengetahui kemampuan alat destilasi untuk menghasilkan air tawar dari intensitas matahari yang diterima. Efisiensi dari alat destilasi didapatkan dari persamaan :

$$\eta = \frac{T_w}{T_{desain}} \times 100\% \quad (2.10)$$

Keterangan :

T_w : Temperatur air payau pada tube tembaga ($^{\circ}\text{C}$)

T_{desain} : Temperatur air tawar desain ($^{\circ}\text{C}$)

2.14 Pipa Kapiler

Pipa kapiler merupakan pipa yang digunakan untuk menurunkan tekanan. Prinsip penurunan tekanan menggunakan ekspansi dengan kapilerisasi. Pipa kapiler dipasang sebelum header pada panel evaporator. Pada umumnya, ukuran panjang pipa kapiler berkisar 1 hingga 6 meter dengan diameter 0,5 hingga 5 mm. Karena ukuran pipa kapiler lebih kecil dari ukuran pipa input dari tanki air payau, maka akan menyebabkan penurunan tekanan akibat dari penyempitan aliran. Penyempitan aliran ini menyebabkan terjadinya gesekan dan percepatan aliran di dalam pipa kapiler.



Gambar 2.4 Instalasi Pipa Kapiler dengan Kompresor

Perancangan sistem penurunan tekanan dengan menggunakan pipa kapiler harus memiliki diameter dan panjang pipa yang sesuai. Pipa kapiler harus didesain sebak mungkin dengan memenuhi batasan-batasan yang diperlukan. Dalam pemeliharaannya, banyak kombinasi panjang dengan diameter pipa kapiler. Perhitungan pipa kapiler berdasarkan pada diameter pipa kapiler, kecepatan aliran, faktor gesekan, laju aliran massa fluida dan tekanan yang akan diturunkan. Panjang pipa kapiler ditentukan pada persamaan :

$$\Delta L = \left[(p_1 - p_2) - \frac{\dot{m}}{A} (v_2 - v_1) \right] \times \left(\frac{2DA}{f_m V_m \dot{m}} \right) \quad (2.11)$$

Keterangan :

- P_1 : Tekanan awal (Pa)
- P_2 : Tekanan akhir (Pa)
- \dot{m} : *Mass flow rate* (kg/s)
- A : Luas penampang pipa kapiler (m^2)
- h : Ketinggian tangki air payau (m)

v_1 : Kecepatan aliran masuk pipa kapiler (m/s)

v_2 : Kecepatan aliran keluar pipa kapiler (m/s)

D : Diameter pipa kapiler (m)

f_m : Faktor gesekan rata-rata

V_m : Kecepatan rata-rata (m/s)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode berbasis percobaan dengan membuat perancangan sistem peralatan ini kemudian dilakukan pengujian dan percobaan pada sistem tersebut. Metodologi penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut :

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan perumusan masalah dilakukan untuk menyederhanakan masalah dalam memudahkan penyelesaian skripsi.

3.2 Studi Literatur

Pengumpulan bahan pustaka yang menunjang kegiatan penelitian ini, yaitu mengenai desain alat destilasi dengan menggunakan sistem evaporasi uap tenaga surya, yang bersumber dari :

- Buku
- Artikel
- Paper
- Internet

Sedangkan tempat pencarian literatur mengenai desain alat destilasi dengan menggunakan sistem evaporasi uap tenaga surya dilakukan di beberapa tempat, diantaranya :

- Perpustakaan Pusat ITS
- Ruang Baca FTK
- Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ialah mengubah air payau menjadi air tawar dengan menggunakan teknologi sistem evaporasi uap tenaga surya. Untuk menghasilkan uap pada suhu sinar matahari maka diperlukan penurunan tekanan. Penurunan tekanan menggunakan ekspansi dengan kapilerisasi pada pipa kapiler dan penangkap panas menggunakan kaca hitam dan aluminium foil untuk mengarahkan panas matahari pada tube pipa tembaga supaya mempercepat terjadinya penguapan.

3.4 Desain Alat Evaporator

Desain alat evaporator dilakukan dengan melakukan perhitungan kapasitas air tawar yang dihasilkan, dimensi pipa kapiler dan sistem evaporasi uap tenaga surya yang digunakan. Perancangan alat destilasi dilakukan setelah diketahui perhitungan panas, daya yang dihasilkan pada dimensi dan material tube yang digunakan dan sistem evaporasi uap tenaga surya yang digunakan. Bagian-bagian dari sistem evaporasi uap tenaga surya ialah :

3.4.1 Pipa Kapiler

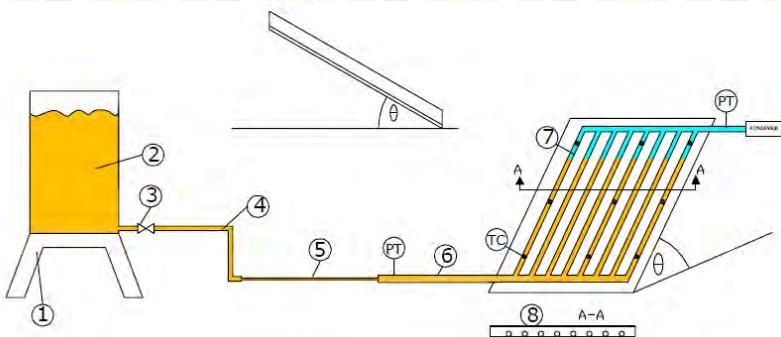
Pipa kapiler berfungsi untuk menurunkan tekanan yang kemudian dipanaskan dengan sinar matahari sehingga suhu yang dibutuhkan untuk mendapatkan uap dapat diperkecil. Penurunan tekanan menggunakan prinsip ekspansi dengan kapilerisasi..

3.4.2 Kaca

Kaca digunakan untuk menempatkan tube evaporator dan sebagai penyerap panas matahari. Kaca didesain berwarna hitam supaya menyerap panas. Kaca diletakkan di atas tube tembaga.

3.4.3 Tanki air payau dan air tawar

Tanki pada prototipe yang dibuat terdiri dari tanki air payau untuk menampung air payau dan tanki air tawar untuk menampung air tawar yang dihasilkan. Tanki air payau diletakkan lebih tinggi dari panel sistem evaporasi uap tenaga surya, supaya pemindahan air payau dari tangki ke panel sistem evaporasi uap tenaga surya tidak menggunakan pompa. Tanki air tawar diletakkan lebih rendah dari panel sistem evaporasi uap tenaga surya.



Gambar 3.1 Desain Alat Destilasi dengan Sistem evaporasi uap tenaga surya yang direncanakan

Keterangan :

1. Penyangga
2. Tanki air payau
3. *Stop valve*
4. Selang flexible
5. Pipa Kapiler
6. *Header tube evaporator*
7. *Tube evaporator*
8. Kaca

TC : *Thermal couple*

PT : *Pressure transducer*

θ : Sudut kemiringan panel evaporator

Dimensi utama dari sistem evaporasi uap tenaga surya yang direncanakan ialah:

Dimensi sistem evaporasi uap tenaga surya yang direncanakan adalah sebagai berikut :

Panjang	: 750 mm
Lebar	: 550 mm
Tinggi	: 50 mm

Dimensi tanki penyimpanan air payau adalah sebagai berikut :

Diameter	: 25 cm
Tinggi	: 48 cm

3.5 Pelaksanaan Praktikum dan Pengambilan Data

3.5.1 Pelaksanaan Praktikum

Pelaksanaan praktikum dilakukan menggunakan prototype alat destilasi dengan menggunakan alat destilasi dengan sistem evaporasi uap tenaga surya. Variabel – variabel yang digunakan selama praktikum adalah :

- Variabel manipulasi, yaitu kemiringan panel evaporator (θ) pada sudut (20° , 21° , 22° , 23° dan 24°) dan volume air payau pada tube tembaga dengan posisi $\frac{1}{2}$ penuh (535 ml) dan $\frac{3}{4}$ penuh (705 ml).
- Variabel control pada praktikum ini adalah kontrol volume air payau pada panel evaporator, yakni mengontrol volume air payau supaya tidak masuk ke kondensor ketika sistem di vacum pada tekanan 0,3 atm.
- Variabel respon, yaitu temperatur lingkungan (T_1°), temperatur permukaan kaca (T_2°), temperatur udara pada panel evaporator (T_4°), temperatur luar tube tembaga (T_5°).

Pelaksanaan praktikum dilakukan pada tanggal 1 Juli 2014 hingga 13 Juli 2014 pada pukul 10.00 – 16.00. Jadwal dari pelaksanaan praktikum ialah :

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Praktikum

No	Pelaksanaan	θ	Volume Tube Tembaga
1	1 Juli 2014	20°	$\frac{1}{2}$ Penuh (535 ml)
2	2 Juli 2014	20°	$\frac{3}{4}$ Penuh (705 ml)
3	3 Juli 2014	21°	$\frac{1}{2}$ Penuh (535 ml)
4	4 Juli 2014	21°	$\frac{3}{4}$ Penuh (705 ml)
5	5 Juli 2014	22°	$\frac{1}{2}$ Penuh (535 ml)
6	6 Juli 2014	22°	$\frac{3}{4}$ Penuh (705 ml)
7	10 Juli 2014	23°	$\frac{1}{2}$ Penuh (535 ml)
8	11 Juli 2014	23°	$\frac{3}{4}$ Penuh (705 ml)
9	12 Juli 2014	24°	$\frac{1}{2}$ Penuh (535 ml)
10	13 Juli 2014	24°	$\frac{3}{4}$ Penuh (705 ml)

Langkah – langkah dalam praktikum ialah :

1. Mempersiapkan Peralatan Destilasi dengan Sistem Evaporaasi Uap Tenaga Surya.
Pada tahap ini dilakukan persiapan – persiapan antara lain Persiapan peralatan sistem evaporasi uap tenaga surya dan alat ukur yang digunakan. Berikut ini peralatan dan bahan sistem evaporasi uap dan alat ukur yang digunakan:
 - Panel evaporator
 - Tanki air payau
 - Selang
 - Termometer
 - Busur derajat
 - Klem
2. Merangkai Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya
Rangkaian sistem evaporasi uap ditunjukkan pada gambar 3.1

3. Mengoperasikan Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya
Setelah sistem dirangkai pada sudut kemiringan panel evaporator (θ), katup pada bak air payau dibuka sehingga air payau mengalir secara gravitasi menuju pipa kapiler dan tube tembaga. Aliran air payau dihentikan pada volume tube tembaga $\frac{1}{2}$ penuh atau $\frac{3}{4}$ penuh sesuai pada jadwal pelaksanaan praktikum pada tabel 3.1 kemudian divacum pada tekanan 0,3 atm. setelah tube tembaga terisi dengan volume yang ditetapkan, panel evaporator dipanaskan di bawah terik matahari (lokasi praktikum pada lantai 4 Gedung Teknik Kelautan FTK – ITS) dengan menghadap ke utara selama 6 jam pada pukul 10.00 – 16.00.
4. Mengamati dan Mengambil Data Praktikum
Praktikum dilakukan pada pukul 10.00 – 16.00 dan pengambilan data temperatur dilakukan setiap 30 menit. Selama pengambilan data, perlu diamati volume air payau pada tube tembaga supaya tidak masuk ke dalam kondensor ketika divacum.

3.5.2 Pengambilan Data

Data – data yang diambil ketika praktikum ialah:

- Temperatur Lingkungan (T_1°)
- Temperatur permukaan kaca (T_2°)
- Temperatur udara pada panel evaporator (T_4°)
- Temperatur tube tembaga luar (T_5°)

3.6 Analisa Data Percobaan

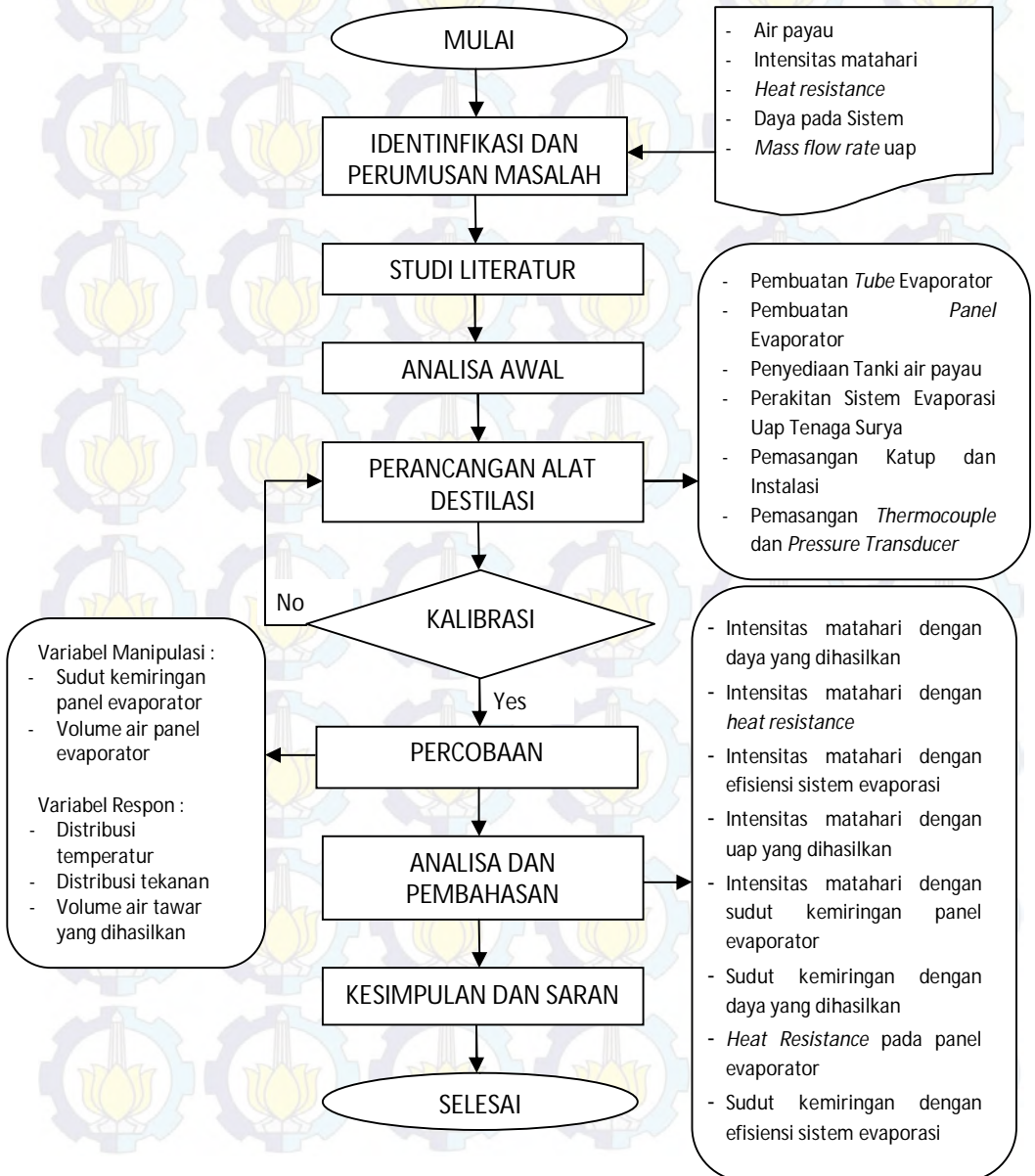
Data yang telah dikumpulkan dianalisa sesuai dengan teori dan dibuat grafik perbandingan tiap percobaan dengan variasi sudut kemiringan panel sistem evaporasi uap tenaga surya dan volume air payau di dalam tube tembaga pada loses yang terjadi pada sistem, daya yang dihasilkan sistem dan kapasitas air tawar yang dihasilkan. Sehingga didapatkan hubungan antara intensitas sinar matahari dan kapasitas uap air tawar yang dihasilkan, daya

pada sistem evaporasi, efisiensi dari prototipe dan *mass flow rate* dari uap yang dihasilkan.

3.7 Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan setelah percobaan dilakukan. Kesimpulan ini diharapkan dapat menjawab tujuan dari percobaan yang telah dilakukan. Kemudian diberikan pula saran sesuai fakta yang ada.

3.8 Flow Chart Pengerjaan Skripsi



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

BAB IV ANALISA AWAL

4.1 Desain Panel Evaporator

Panel evaporator terdiri dari:

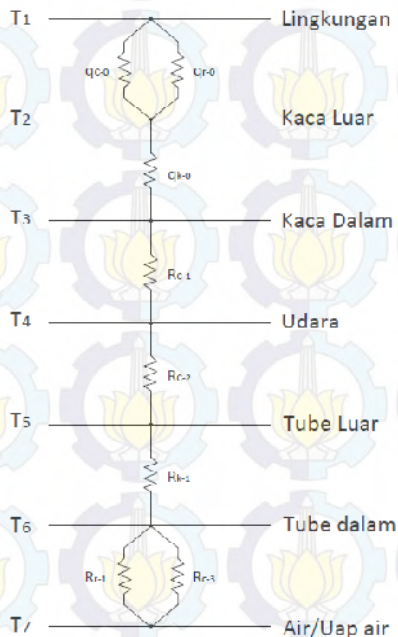
1. Kaca
Kaca merupakan penutup dan penyerap panas matahari pada panel apparatus.
2. Tube tembaga
Tube tembaga merupakan tempat terjadinya penguapan yang di dalamnya terdapat air payau.
3. Tanki Air Payau
Tanki air payau merupakan media yang akan diubah menjadi air tawar.
4. Tanki Air Tawar
Tanki air tawar digunakan untuk menampung air tawar yang dihasilkan dari sistem evaporasi. Tanki air tawar terhubung dengan vacum pump untuk menghisap uap air berupa gas yang terdapat dalam tube tembaga.
5. Stop valve
Stop valve digunakan untuk membuka tutup aliran pada tanki air payau. Stop valve yang digunakan berupa kran air ON-OFF.
6. Pipa Kapiler
Pipa kapiler digunakan untuk menurunkan tekanan air payau dengan prinsip kerja pembesaran diameter.
7. Panel Apparatus
Panel apparatus merupakan tempat yang berisi tube tembaga.

Desain sistem evaporasi uap tenaga surya ditunjukkan pada gambar 3.1.

4.2 Perhitungan Kestimbangan Sistem

Kesetimbangan sistem merupakan tinjauan untuk mengetahui efisiensi dari sistem evaporator uap tenaga surya. Kestimbangan dari sistem yang dirancang ialah jumlah dari kalor yang masuk ke panel evaporator sama dengan kalor yang digunakan untuk memanaskan air payau yang ada di dalam tube tembaga.

Intensitas matahari yang diterima oleh panel evaporator tidak semua disalurkan ke air payau. Pada sistem evaporasi uap terdapat losses konduksi pada kaca dan tube tembaga, konveksi udara pada panel evaporator dan permukaan kaca, konveksi aliran pada tube tembaga dan radiasi pada permukaan kaca dan di dalam tube tembaga.



Gambar 4.1 Gambar aliran sistem

Keterangan :

- T_1 : Suhu lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)
- T_2 : Suhu permukaan kaca luar ($^{\circ}\text{C}$)
- T_3 : Suhu permukaan kaca dalam ($^{\circ}\text{C}$)
- T_4 : Suhu udara dalam panel evaporator ($^{\circ}\text{C}$)
- T_5 : Suhu tube tembaga luar ($^{\circ}\text{C}$)
- T_6 : Suhu tube tembaga dalam ($^{\circ}\text{C}$)
- T_7 : Suhu uap/air tawar yang dihasilkan ($^{\circ}\text{C}$)
- T_w : Suhu air Payau ($^{\circ}\text{C}$)
- IT : Intensitas matahari (watt/m^2)
- q_{c-0} : Laju perpindahan panas radiasi permukaan kaca ke lingkungan (watt)
- q_{r-0} : Laju perpindahan panas konveksi permukaan kaca ke lingkungan (watt)
- q_{k-0} : Laju perpindahan konduksi kaca (watt)
- q_{c-1} : Laju perpindahan panas konveksi udara dalam panel evaporator (watt)
- q_{k-1} : Laju perpindahan panas konduksi tube tembaga (watt)
- q_{c-2} : Laju perpindahan panas konveksi air di dalam tube tembaga (watt)
- q_{r-1} : Laju perpindahan panas radiasi pada tube tembaga (watt)

Kesetimbangan energi yang didapat ialah :

$$Q_{nett} = (\alpha \times IT \times A_{kaca} \times \tau) - (h_{wind} \times A_{kaca} \times \Delta T_1)$$

Panel evaporator dibuat kedap supaya kalor yang masuk ke panel terkumpul di dalam panel untuk memanaskan air yang terdapat di dalam tube sehingga tidak ada kalor yang keluar dari panel evaporator. Q_{nett} merupakan kalor yang masuk ke panel evaporator dan sampai ke air. α merupakan absorptivitas kaca (kemampuan kaca untuk menyerap kalor) dan τ merupakan koefisien transmisivitas kaca (kemampuan kaca untuk menyalurkan kalor yang diterima).

4.3 Perhitungan Intensitas matahari

Intensitas matahari merupakan radiasi yang diserap oleh permukaan kaca di tiap luasan.

$$IT = G_R \left[1 + 0.333 \cos \left(\frac{360n}{365.25} \right) \right]$$

Keterangan :

GR = Konstanta Surya
= 1353 W/m²

n = Urutan hari percobaan (14/04/2014)
= 121

$$\begin{aligned} IT &= 1353 \left[1 + 0.333 \cos \left(\frac{360 \times 121}{365.25} \right) \right] \\ &= 1800,323 \text{ Watt/m}^2 \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan Daya diterima Air (Qnett)

a) Data Desain dan Data Lingkungan

Data Desain dan Lingkungan	Dimensi	Satuan
Data Kaca		
Massa jenis kaca (ρ_{kaca})	2579	Kg/m ³
Kalor jenis kaca (C_{kaca})	670	J/kg°C
Panjang kaca (p_{kaca})	750	mm
Lebar kaca (l_{kaca})	550	mm
Tebal kaca (t_{kaca})	5	mm
Massa Kaca (m_{kaca})	5,32	Kg
Koef. Transmisivitas kaca (τ)	1	
Koef. Absorptivitas kaca (α)	0,96	
Data Lingkungan		
Tanggal percobaan	20/4/2014	
Jumlah hari	121	
Suhu lingkungan (T_1)	35	°C
Suhu permukaan kaca (T_2)	40	°C
Kecepatan angin (v_{wind})	8,33	m/s
$\Delta T_1 = T_2 - T_1$	5	°C

b) Perhitungan Konveksi karena Angin (h_{wind})

h_{wind} merupakan losses yang disebabkan karena adanya angin. Data kecepatan angin yang digunakan merupakan kecepatan angin rata-rata yang diambil dari data BMKG Surabaya.

$$\begin{aligned} h_{wind} &= 5,7 + 3,8v_{wind} \\ &= 5,7 + 3,8 \times 8,33 \\ &= 37,354 \end{aligned}$$

c) Perhitungan Daya yang Masuk ke Panel Evaporator (Q_{nett})

$$\begin{aligned} Q_{nett} &= (\alpha \times IT \times A_{kaca} \times \tau) - (h_{wind} \times A_{kaca} \times \Delta T_1) \\ &= (0,96 \times 1800,32 \times 0,41 \times 1) - (37,35 \times 0,41 \times 5) \\ &= 635,89 \text{ watt} \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan Temperatur Udara Panel Evaporator (T_{udara})

a) Data Desain Panel Evaporator

Data Panel Apparatus	Dimensi	Satuan
Panjang panel (p_{panel})	750	mm
Lebar panel (l_{panel})	550	mm
Tinggi panel (t_{panel})	50	mm
Volume panel (V_{panel})	0,02	m ³
Massa Jenis Udara (ρ_{udara})	1,2	Kg/m ³
Massa udara (m_{udara})	0,02	Kg
Kalor Jenis Udara (C_{udara})	670	J/kg°C
Suhu Lingkungan (T_1)	35	°C
$\Delta T_2 = T_4 - T_1$		°C
Suhu Udara (T_4)		°C

- b) Perhitungan Temperatur Udara dalam Panel Evaporator
(T_{udara})

$$Q_{nett} = Q_{udara} = m_{udara} \times C_{udara} \times \Delta T_2$$

$$\Delta T_2 = \frac{Q_{nett}}{m_{udara} \times C_{udara}}$$

$$= \frac{635,89}{0,02 \times 670}$$

$$= 38,34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_4 = \Delta T_2 + T_1 = 73,346 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.6 Perhitungan Dimensi Tube

- a) Data Koefisien dan Dimensi Tube Tembaga

Data Koef. dan Tube	Dimensi	Satuan
Suhu tube luar (T_5)	73, 346	$^\circ\text{C}$
Suhu air (desain) (T_w)	70	$^\circ\text{C}$
Koef. kond. Tube (k_{tube})	385	$\text{W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$
Koef. konv. Air (h_{air})	890	$\text{W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$
Tebal tube (L)	8,9	mm
Diameter tube (D)	0,5	Inchi

- b) Perhitungan Luasan Dimensi Tube

$$Q_{nett} = \frac{T_5 - T_w}{\frac{L}{k_{tube}A} + \frac{1}{h_{air}A}}$$

$$A = 0,21 \text{ m}^2$$

c) Penentuan Dimensi Tube

Data Tube	Dimensi	Satuan
Panjang	670	mm
Diameter	0,5	mm
Tebal	8,9	mm
Jumlah	8	
Material	Tembaga	

4.7 Perhitungan *Mass Flow Rate* (\dot{m})

a) Data Entalpi yang diketahui

Data Entalpi	Nilai	Satuan
h_{akhir} suhu 70°C	2331	kJ/kg
h_{awal} suhu 36°C	125,604	kJ/kg
Δh	2205	kJ/kg
Waktu percobaan (t)	6	jam
ρ uap pada suhu 70°C	977,5	Kg/m ³

b) Perhitungan *Mass Flow Rate* uap (\dot{m})

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{Q_{nett}}{\Delta h} \\ &= 0,28 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

c) Massa Uap yang Dihasilkan (m_a)

$$\begin{aligned}m_a &= \dot{m} \times t \\ &= 1,73 \text{ kg}\end{aligned}$$

d) Volume Uap yang Dihasilkan (V_{uap})

$$V_{uap} = \frac{m_a}{\rho_{uap}}$$

$$= \frac{1,73}{977,5}$$

$$= 1,77 \text{ liter}$$

4.8 Perhitungan Panjang Pipa Kapiler

a) Data Perhitungan Pipa Kapiler

Data Pipa Kapiler	Dimensi	Satuan
Tekanan awal (P_1)	100000	Pa
Tekanan akhir (P_2)	31190	Pa
<i>Mass flow rate</i> (\dot{m})	0,0008	kg/s
Luas Penampang (A)	$2,5 \times 10^{-6}$	m^2
Tinggi Tangki Air Payau (h)	0,085	m
Kec. Aliran awal (v_1)	1,29	m/s
Kec. Aliran akhir (v_2)	64,25	m/s
Diameter pipa kapiler (D)	0,0018	m
Faktor ges. Rata-rata (f_m)	0,0235	
Kecepatan rata-rata (V_m)	32,77235	m/s

b) Perhitungan Panjang Pipa Kapiler (ΔL)

$$\Delta L = \left[(p_1 - p_2) - \frac{\dot{m}}{A} (v_2 - v_1) \right] \times \left(\frac{2DA}{f_m V_m \dot{m}} \right)$$

$$= 0,726 \text{ m}$$

4.9 Dimensi Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui dimensi dari sistem evaporasi uap tenaga surya yang digunakan adalah sebagai berikut :

Dimensi Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya**1. Dimensi Panel Evaporator**

Panjang :	750	mm
Lebar :	550	mm
Tinggi :	50	mm

2. Dimensi Kaca

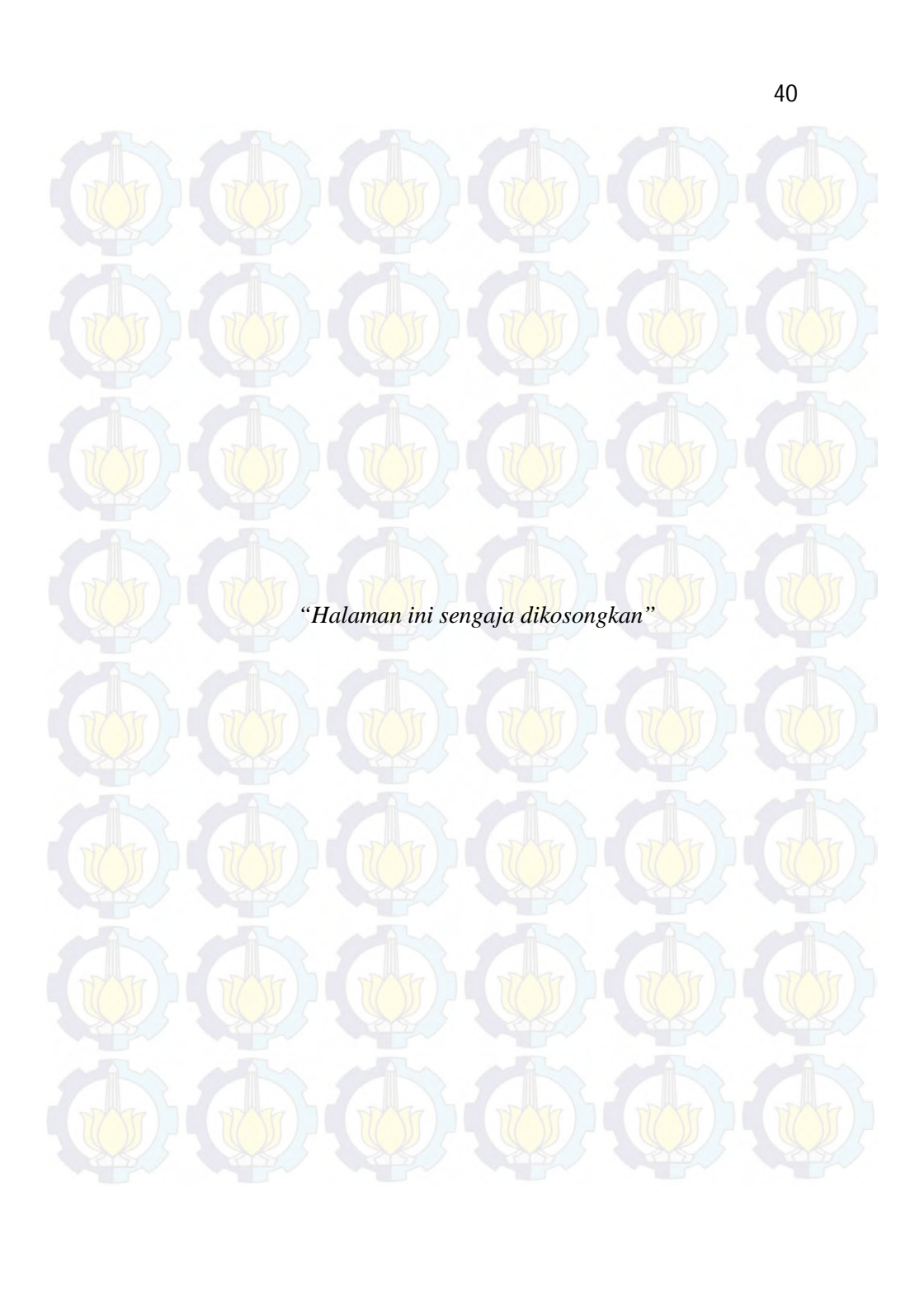
Panjang :	750	mm
Lebar :	550	mm
Tebal :	5	mm

3. Dimensi Tube Evaporator

Diameter :	0,5	inchi
Panjang :	670,5522	mm
Tebal :	0,89	mm
Jumlah :	8	

4. Dimensi Pipa Kapiler yang digunakan :

Diameter :	1,8	mm
Panjang :	726,1351	mm



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

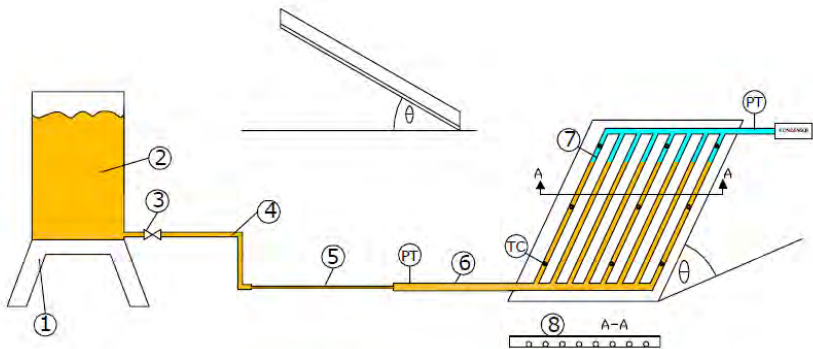
BAB V

SPESIFIKASI TEKNIS KOMPONEN

Spesifikasi teknis komponen merupakan spesifikasi teknis mengenai sistem destilasi dengan memanfaatkan teknologi evaporator uap tenaga surya.

5.1 Desain dan Gambar Sistem Percobaan

Desain dan gambar sistem percobaan pada penelitian ini fokus pada desain panel evaporator yang efektif untuk menghasilkan uap. Untuk mendapatkan uap yang efektif, maka didesain sistem destilasi dengan memanfaatkan teknologi evaporator sebagai berikut:



Gambar 5.1 Rangkaian Alat Destilasi

Keterangan :

1. Penyangga
2. Tanki air payau
3. *Stop valve*
4. Selang flexible
5. Pipa Kapiler
6. *Header tube evaporator*
7. *Tube evaporator*

8. Kaca

TC : *Thermal couple*

PT : *Pressure transducer*

θ : Sudut kemiringan panel evaporator

Teknis kerja dari alat destilasi ialah, air payau yang diletakkan pada tanki air payau diatur ketinggiannya dengan ketinggian panel evaporator. Ketinggian tanki air payau tidak boleh lebih tinggi dari panel evaporator supaya air payau tidak masuk ke dalam kondensor. Volume air payau pada tube tembaga di atur sesuai dengan variabel manipulasi. Air payau dialirkan ke panel evaporator dengan melewati *stop valve* sebagai buka tutup aliran dan pipa kapiler untuk penurunan tekanan.

Panel evaporatur digunakan untuk menangkap panas matahari dan digunakan untuk pemanas air payau yang ada di dalam tube tembaga. Uap yang dihasilkan diarahkan ke kondensor dengan cara di vakum kemudian hasilnya ditampung pada tanki air tawar.

Jumlah uap yang dihasilkan bergantung pada cuaca, losses pada sistem, sudut kemiringan panel dan lainnya. Data yang diambil dari percobaan ialah suhu lingkungan, suhu permukaan kaca, suhu luar tube tembaga, suhu udara dalam panel evaporator dan suhu air pendingin pada kondensor. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data ialah termometer cairan, termometer ruangan, gelas ukur dan busur. Variasi yang dilakukan ialah kemiringan dari panel apparatus evaporator dan volume air payau dalam tube tembaga pada kondisi $\frac{1}{2}$ penuh dan $\frac{3}{4}$ penuh.

5.2 Spesifikasi Teknis Komponen

Pada percobaan yang dilakukan diperlukan beberapa alat yang akan mendukung analisa kinerja alat destilasi dengan sistem evaporasi uap tenaga surya terhadap pengaruh

kemiringan sudut panel evaporator dan volume air payau dalam tube tembaga. Peralatan yang digunakan dalam analisa ini adalah :

- 1) Pipa Tembaga 0,5" ketebalan 0,89 mm:



Gambar 5.2 Pipa Tembaga

- 2) Panel Evaporator: 750 x 550 x 50 mm



Gambar 5.3 Panel Evaporator

3) Fitting 'T' dan 'L' : 0,5"



Gambar 5.4 Fitting "T"



Gambar 5.5 Fitting "L"

4) Selang dan Klem: $\frac{1}{2}$ " dan $\frac{1}{4}$ "



Gambar 5.6 Selang dan Klem

5) Pipa Kapiler



Gambar 5.7 Pipa Kapiler

6) Tanki Air Payau dan *Stop Valve*:



Gambar 5.8 Tanki Air Payau dan *Stop Valve*

7) Tanki Air Tawar:



Gambar 5.9 Tanki Air Tawar

8) Vacuum Pump:



Gambar 5.10 Vacuum Pump

9) Aluminium Foil:



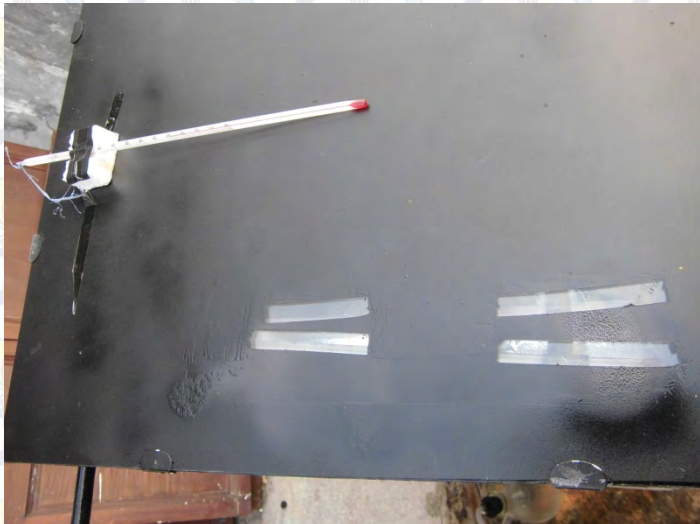
Gambar 5.11 Aluminium Foil

10) Klem Kaca:



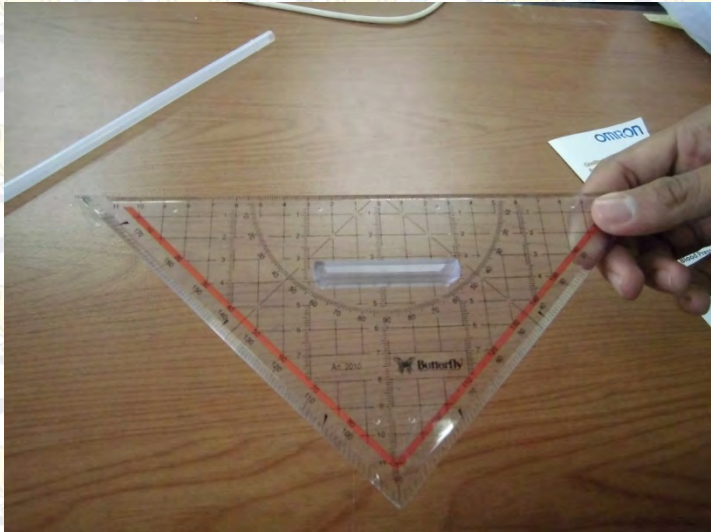
Gambar 5.12 Klem Kaca

11) Termometer:



Gambar 5.13 Termometer

12) Busur:



Gambar 5.14 Busur

13) Pressure Gauge dan Katup:



Gambar 5.15 Pressure Gauge dan Katup

14) Gelas Ukur:



Gambar 5.16 Gelas Ukur

15) Gambar Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya



Gambar 5.17 Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya

BAB VI ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

6.1 Data Hasil Praktikum

Pengambilan data penelitian ini didapatkan dengan percobaan pada prototype sistem evaporasi uap tenaga yang sudah dibuat dengan skala laboratorium. Pengambilan data dilakukan selama 10 hari dengan memanipulasikan sudut kemiringan panel evaporator dan volume air tawar dalam tube tembaga pada kondisi $\frac{1}{2}$ penuh dan $\frac{1}{4}$ penuh.

Langkah-langkah pengambilan data yang digunakan sesuai dengan yang dibahas pada BAB V sebelumnya. Data-data yang diperoleh selama percobaan ialah suhu lingkungan (T_1°), suhu permukaan kaca (T_2°), suhu udara dalam panel evaporator (T_4°), suhu luar tube tembaga (T_5°), suhu air pendingin (T_p°) pada proses kondensasi dan jumlah air tawar yang dihasilkan. Data-data yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 6.1 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 1/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	T_4°	T_5°	T_p°
10:00 AM	34	44	56	61	33
10:30 AM	36	46	58	63	33
11:00 AM	36	47	59	65	33
11:30 AM	33	46	59	66	33
12:00 PM	36	49	59	67	33
12:30 PM	34	45	58	65	33
1:00 PM	32	45	57	64	33
1:30 PM	34	46	54	60	33
2:00 PM	33	45	53	60	33
2:30 PM	33	37	44	49	33
3:00 PM	33	38	44	48	33
3:30 PM	33	38	44	48	33
4:00 PM	33	39	42	46	31

Sudut (α) : 20°

Vol. masuk (V_{in}) : 535 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 9 ml

Tabel 6.2 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 2/7/2014

Jam	T_1^o	T_2^o	T_4^o	T_5^o	T_p^o
10:00 AM	33	42	54	58	29
10:30 AM	33	48	58	63	30
11:00 AM	34	49	59	65	30
11:30 AM	35,5	47	60	67	30
12:00 PM	34	48	60	68	30
12:30 PM	36	50	59	66	30
1:00 PM	39	45	59	66	31
1:30 PM	39	44	54	58	31
2:00 PM	39	44	54	58	31
2:30 PM	39	45	54	60	32
3:00 PM	32	34	41	48	32
3:30 PM	32	34	37	41	32
4:00 PM	30	31	34	36	30

Sudut (α) : 20°
 Vol. masuk (V_{in}) : 705 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 11 ml

Tabel 6.3 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 3/7/2014

Jam	T_1^o	T_2^o	T_4^o	T_5^o	T_p^o
10:00 AM	31	42	54	57,5	30
10:30 AM	33	44	54	57	31
11:00 AM	33	43,5	50	55	31
11:30 AM	34	47	55,5	60	31
12:00 PM	34	53	58	64	32
12:30 PM	35	54	59	66	32
1:00 PM	34	48	54	62	32
1:30 PM	34	48	53	60	32
2:00 PM	34	50	53	60	31
2:30 PM	33	41	52	58	32
3:00 PM	31	40	45	51	32
3:30 PM	30	31	37	41	32
4:00 PM	30	31	34	37	32

Sudut (α) : 21°
 Vol. masuk (V_{in}) : 535 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 10 ml

Tabel 6.4 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 4/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	T_4°	T_5°	T_p°
10:00 AM	42	52	55	59	30
10:30 AM	43	58	56	61	30
11:00 AM	42	62	58	65	30
11:30 AM	36	64	59	67	30,5
12:00 PM	45	60	58	68	31
12:30 PM	39	58	58	68	31
1:00 PM	35	62	58	66	31
1:30 PM	35	58	57	63	32
2:00 PM	39	56	55	63	32
2:30 PM	43	56	54	60	32
3:00 PM	42	53	51	57	32
3:30 PM	39	46	45	50	32
4:00 PM	37	43	43	48	32

Sudut (α) : 21°
 Vol. masuk (V_{in}) : 705 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 10,5 ml

Tabel 6.5 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 5/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	T_4°	T_5°	T_p°
10:00 AM	40	56	58	61	30
10:30 AM	43	59	56	61	30
11:00 AM	44	57	55	62	30
11:30 AM	41,5	58	55	63	30
12:00 PM	41	56	55	63	31
12:30 PM	45	57	55	63	31
1:00 PM	41	57	55	63	31
1:30 PM	42	56	54	61	31
2:00 PM	41	54	52	59	31
2:30 PM	39	51	49	56	31
3:00 PM	36,5	44	46	51	32
3:30 PM	36	43	43	48	32
4:00 PM	33	35	39	43	32

Sudut (α) : 22°
 Vol. masuk (V_{in}) : 535 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 13 ml

Tabel 6.6 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 6/7/2014

Jam	T_1^o	T_2^o	T_4^o	T_5^o	T_p^o
10:00 AM	38,5	49	50	55	19
10:30 AM	40	50	51,5	58	15
11:00 AM	40,5	54	53	60	14
11:30 AM	42	53	53	61	13
12:00 PM	41	53	53	61	14
12:30 PM	41	54	52,5	61	15
1:00 PM	40,5	51	51	59	17
1:30 PM	40	53	50	57,5	17
2:00 PM	40	51	49	56	18
2:30 PM	38	46	47	53	19
3:00 PM	36,5	43	44	49	19
3:30 PM	36	41	42	46	20
4:00 PM	35	38	39	43	21

Sudut (α) : 22°
 Vol. masuk (V_{in}) : 705 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 14 ml

Tabel 6.7 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 10/7/2014

Jam	T_1^o	T_2^o	T_4^o	T_5^o	T_p^o
10:00 AM	37	58	62	60	7
10:30 AM	38	58	63	61	8
11:00 AM	58	67	69,5	67	7
11:30 AM	42	50	68,5	65,5	8
12:00 PM	42	59	71	69	7
12:30 PM	44	60	70	68,5	8
1:00 PM	45	60	66	68	8
1:30 PM	44	58	65	65	8
2:00 PM	42	55	63	62,5	8
2:30 PM	41	53,5	60	60	9
3:00 PM	39	49	55	56	9
3:30 PM	37,5	45,5	52	52,5	10
4:00 PM	36,5	41	47	47	10

Sudut (α) : 23°
 Vol. masuk (V_{in}) : 535 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 15 ml

Tabel 6.8 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 11/7/2014

Jam	T_1^o	T_2^o	T_4^o	T_5^o	T_p^o
10:00 AM	44	57	61	61	21
10:30 AM	41	58	60	60	20
11:00 AM	43	60	65	60	20
11:30 AM	46,5	59	68	64	14
12:00 PM	46	59	69	66	11,5
12:30 PM	47	58,5	68	65	11
1:00 PM	46	57	66	65	11
1:30 PM	46	56	64	64	10,5
2:00 PM	46	56	62	61	10
2:30 PM	45	53	60	61	12
3:00 PM	41	48	56	57	12
3:30 PM	40	45	52	52	12
4:00 PM	36,5	41	47	47	14

Sudut (α) : 23°
 Vol. masuk (V_{in}) : 705 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 17 ml

Tabel 6.9 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 12/7/2014

Jam	T_1^o	T_2^o	T_4^o	T_5^o	T_p^o
10:00 AM	42	55	61	57	15
10:30 AM	43	57	62	58	13
11:00 AM	42	58	67	62	11
11:30 AM	46	61	71	66	11,5
12:00 PM	44	58	64,5	60	12
12:30 PM	46	62	68	65	14
1:00 PM	45	59	66	66	14
1:30 PM	45	58	65,5	65	15
2:00 PM	44	57	63	63	18
2:30 PM	42	54	61	62	18
3:00 PM	43	53	59	60	18
3:30 PM	39	48	54	54	18
4:00 PM	38	43	49,5	49,5	19

Sudut (α) : 23°
 Vol. masuk (V_{in}) : 535 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 15 ml

Tabel 6.10 Data Distribusi Temperatur pada Sistem Evaporator 13/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	T_4°	T_5°	T_p°
10:00 AM	33	36	39	36	13
10:30 AM	33	35	37	36	11
11:00 AM	32	34,5	37	36	7
11:30 AM	32,5	35	37	37	7
12:00 PM	33	36	38	38	6
12:30 PM	34	35	38	38	6
1:00 PM	38	45	45	43	6,5
1:30 PM	41	49	50,5	48	7
2:00 PM	36,5	44	51	51	7
2:30 PM	36,5	40	46	46	7
3:00 PM	34	37	41,5	43	7
3:30 PM	35	36	40	40,5	7
4:00 PM	35	36	41	41	7

Sudut (α) : 23°
 Vol. masuk (V_{in}) : 705 ml
 Vol. hasil (V_{out}) : 5 ml

6.2 Perhitungan Daya (Qnett) Sistem Praktikum

Perhitungan daya yang masuk ke sistem evaporasi (Qnett) merupakan daya matahari yang diserap panel evaporator pada permukaan kaca. Qnett dihitung dengan mengurangi jumlah kalor yang dipancarkan matahari dengan losses yang terdapat di lingkungan. Losses yang terjadi di lingkungan disebabkan karena adanya faktor angin, yang dikenal dengan hambatan angin (h_{wind}). Pada perhitungan Qnett diperlukan nilai dari intensitas matahari (IT) yang dipengaruhi oleh hari.

Perhitungan intensitas matahari (IT), konveksi angin (h_{wind}), daya (Qnett), *heat resistance* pada panel evaporator (R), *mass flow rate* uap yang dihasilkan (\dot{m}), volume uap yang dihasilkan (V_{uap}), temperatur air payau pada tube tembaga (T_w) dan

effisiensi (η) sistem percobaan yang menggunakan data pada tanggal 1 Juli 2014 pada jam 10.00 dengan volume tube $\frac{1}{2}$ penuh sebagai berikut:

- a) Perhitungan Intensitas Matahari (IT)

$$IT = G_R \left[1 + 0.333 \cos \left(\frac{360n}{365.25} \right) \right]$$

Keterangan :

GR = Konstanta Surya
= 1353 W/m^2

n = Urutan hari percobaan (01/07/2014)
= 152

$$\begin{aligned} IT &= 1353 \left[1 + 0.333 \cos \left(\frac{360 \times 152}{365.25} \right) \right] \\ &= 1803,545 \text{ Watt/m}^2 \end{aligned}$$

- b) Perhitungan Konveksi Angin (h_{wind})

$$\begin{aligned} h_{wind} &= 5,7 + 3,8v_{wind} \\ &= 5,7 + 3,8 \times 8,33 \\ &= 37,354 \end{aligned}$$

- c) Perhitungan Daya yang Masuk ke Panel Evaporator (Q_{nett})

$$\begin{aligned} Q_{nett} &= (\alpha \times IT \times A_{kaca} \times \tau) - (h_{wind} \times A_{kaca} \times \Delta T_1) \\ &= (0,96 \times 1800,32 \times 0,41 \times 1) - (37,35 \times 0,41 \times 5) \\ &= 635,89 \text{ watt} \end{aligned}$$

- d) Perhitungan *Heat Resistance* Panel Evaporator (R)

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{h_u \times A_{panel}} + \frac{L}{k \times A_{tube}} + \frac{1}{h_{air} \times A_{tube}} \\ &= \frac{1}{12 \times 0,955} + \frac{0,00089}{385 \times 0,21} + \frac{1}{890 \times 0,21} \\ &= 0,0925 \end{aligned}$$

- e) Perhitungan Temperatur Air Payau dalam Panel Apparatus (T_w)

$$\begin{aligned} T_w &= T_5 - \left[Q_{\text{nett}} \times \left(\frac{L}{k \times A_{\text{tube}}} + \frac{1}{h_{\text{air}} \times A_{\text{tube}}} \right) \right] \\ &= 61 - \left[635,89 \times \left(\frac{0,00089}{385 \times 0,21} + \frac{1}{890 \times 0,21} \right) \right] \\ &= 58,47^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- f) Efisiensi (η)

Suhu air menguap yang didesain adalah 70°C pada tekanan 0,3 atm. Efisiensi dihitung dengan membandingkan suhu air dalam panel apparatus (T_w) dengan temperatur desain 70°C .

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{T_w}{T_5} \\ &= \frac{58,47}{70} \\ &= 0,83 \end{aligned}$$

- g) *Mass Flow Rate* (\dot{m})

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{nett}}}{\Delta h}$$

Keterangan :

$$\Delta h = h_{\text{fg}} - h_{\text{f}}$$

h_{fg} = entalpi penguapan pada air payau di suhu tertinggi ($64,71^\circ\text{C}$)

$$= 2347,87 \text{ kJ/kg}$$

h_{f} = entalpi awal air payau (32°C)

$$= 125,604 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h = 2222,266 \text{ kJ/kg} = 2222,266 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{434,6741}{2222,266 \times 10^3} \\ &= 0,000196 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

h) Volume air tawar yang dihasilkan (V_{air})

Waktu percobaan : 6 jam (10.00 – 16.00)

Massa jenis air : 1000 kg/m^3

$$V_{\text{air}} = \frac{\dot{m} \times t}{\rho_{\text{air}}} = \frac{0,000196 \times 6 \times 3600}{1000} = 4,225 \text{ liter}$$

6.3 Tabel dan Grafik Analisa Hasil Praktikum

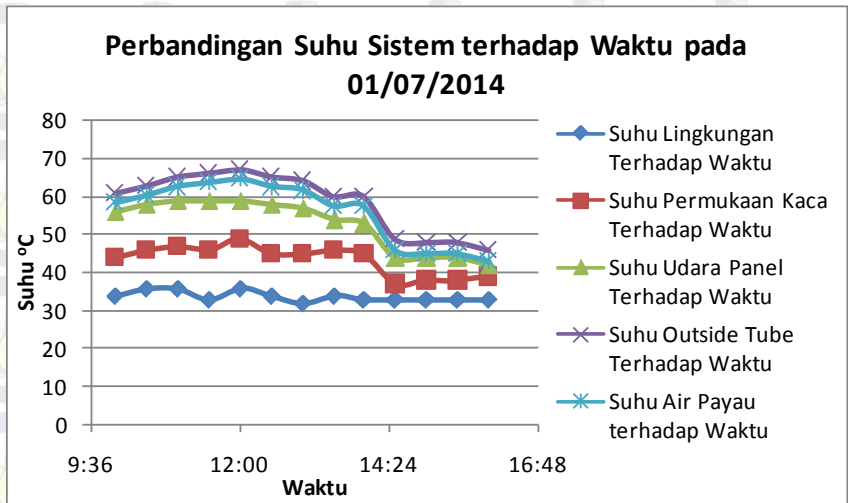
Dari contoh perhitungan di atas dilakukan perhitungan yang sama untuk memperoleh nilai-nilai :

- Intensitas matahari (IT)
- Daya panel evaporator (Q_{net})
- *Heat Resistance* panel evaporator (R)
- Temperatur air dalam tube (T_w)
- Efisiensi dari panel evaporator (η)

Data hasil perhitungan di atas akan dibuatkan tabel dan grafik analisa berdasarkan :

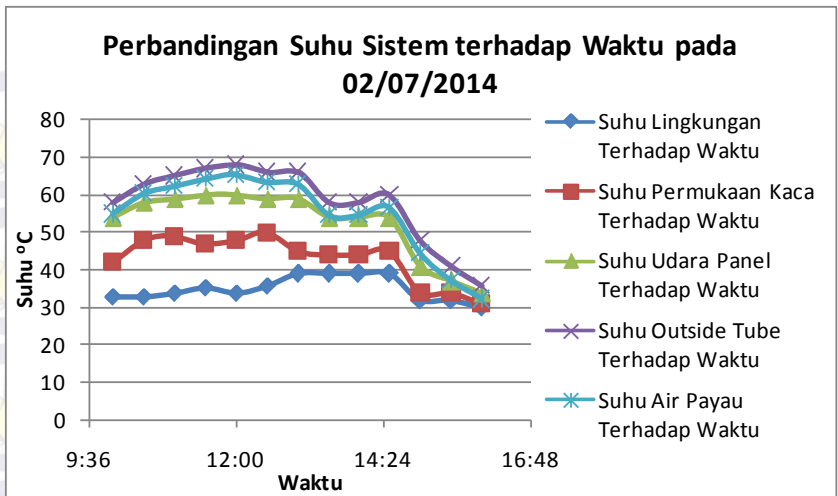
- Distribusi temperatur
- Intensitas matahari dengan daya panel evaporator
- Intensitas matahari dengan efisiensi
- Intensitas matahari dengan air tawar hasil perhitungan
- Intensitas matahari dengan sudut kemiringan
- Intensitas matahari dengan hari praktikum
- Hari praktikum dengan temperatur udara panel evaporator
- Hari praktikum dengan *mass flow rate* uap
- Daya panel evaporator terhadap hari praktikum
- Sudut kemiringan dengan daya panel evaporator
- Sudut kemiringan dengan *heat resistance*
- Sudut kemiringan dengan efisiensi

6.3.1 Grafik Analisa Distribusi Temperatur



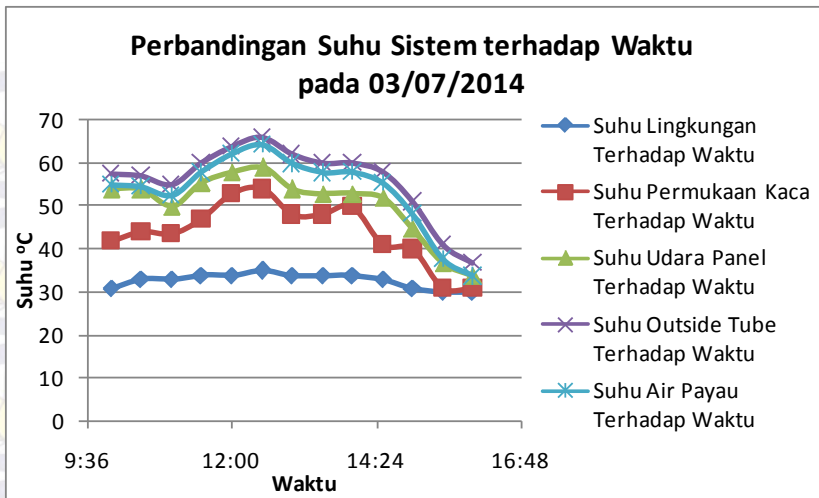
Gambar 6.1. Grafik Distribusi Temperatur 1/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.1, temperatur yang diterima panel evaporator diserap oleh tube tembaga dan disalurkan ke air payau yang ada di dalamnya. Dari percobaan pada pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 12.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 36^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 49^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 59^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 67^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 64, 71^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 16.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 33^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 39^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 42^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 46^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 43,14^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan suhu lingkungan yang semakin berkurang ketika sore hari menjelang malam hari. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus dan kondisi lingkungan yang mendung, sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau.



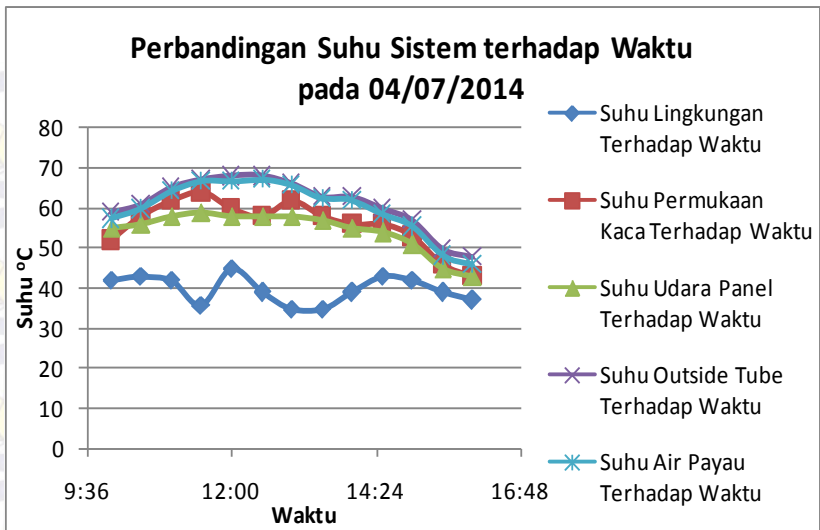
Gambar 6.2. Grafik Distribusi Temperatur 2/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.2 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 13.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 39^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 45^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 59^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 66^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 62,73^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. pada pukul 12.30 terdapat penurunan suhu karena angin yang berhembuh lebih kencang dari jam-jam sebelumnya. Distribusi temperatur terendah pada pukul 16.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 31^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 34^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 36^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 32,32^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan suhu lingkungan yang semakin berkurang ketika sore hari menjelang malam hari. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau



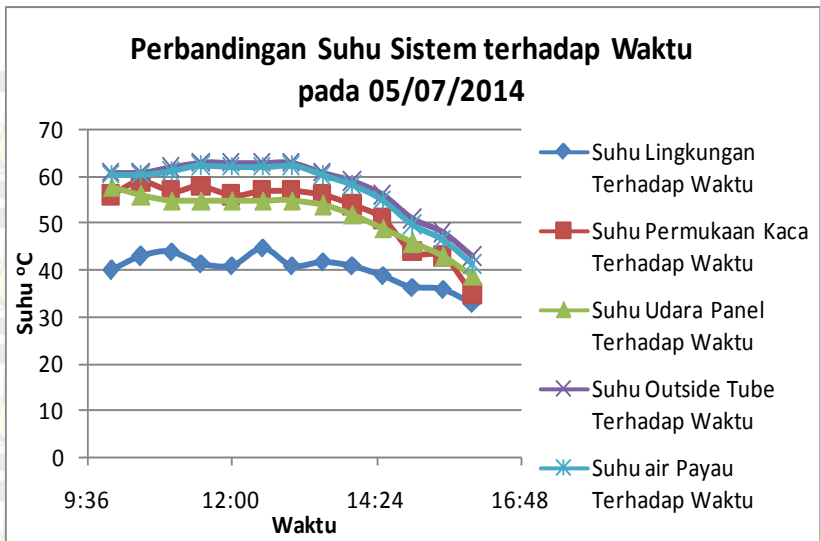
Gambar 6.3. Grafik Distribusi Temperatur 3/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.3 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 12.30 dengan nilai $T_1^{\circ} = 35^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 54^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 59^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 66^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 64, 21^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 16.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 31^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 34^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 37^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 33,75^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan suhu lingkungan yang semakin berkurang ketika sore hari menjelang malam hari. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau



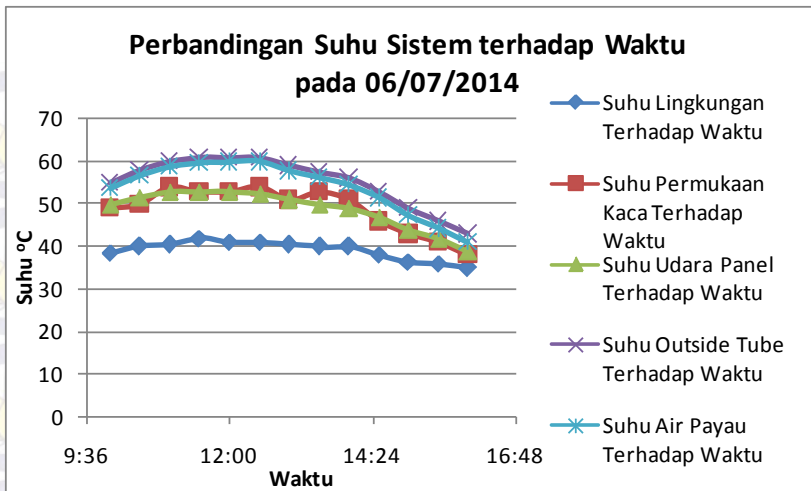
Gambar 6.4. Grafik Distribusi Temperatur 4/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.4 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 12.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 45^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 60^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 58^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 68^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 66,77^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 13.30 dengan nilai $T_1^{\circ} = 35^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 58^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 57^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 63^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 62,41^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan cuaca mendung. Pada pukul 13.00 sampai 13.30 terdapat penurunan suhu karena angin yang berhembuh lebih kencang dari jam-jam sebelumnya. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau.



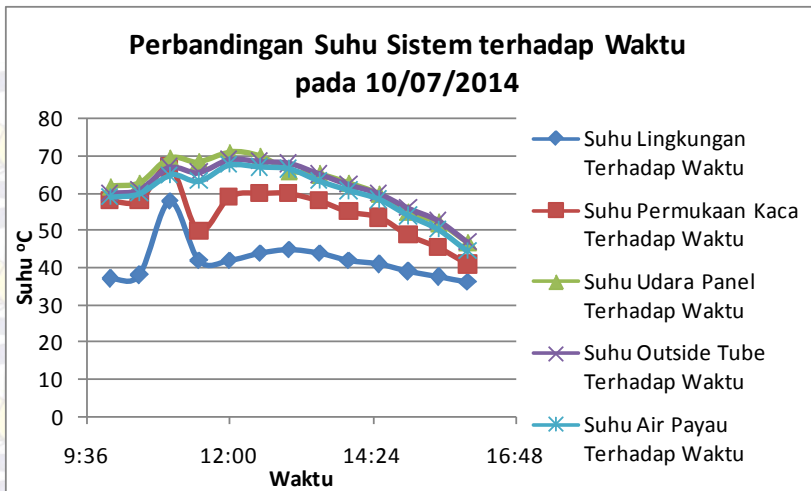
Gambar 6.5. Grafik Distribusi Temperatur 5/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.5 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 12.30 dengan nilai $T_1^{\circ} = 45^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 57^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 55^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 63^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 62,08^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 16.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 33^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 35^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 39^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 43^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 41,27^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan suhu lingkungan yang semakin berkurang ketika sore hari menjelang malam hari. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau.



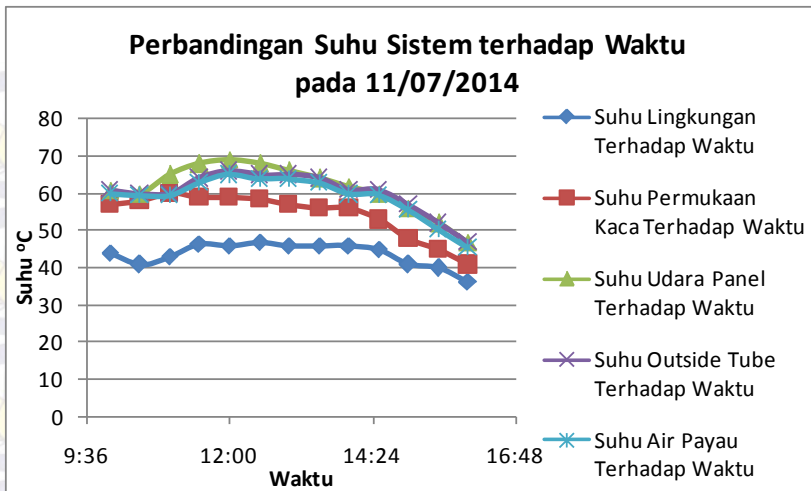
Gambar 6.6. Grafik Distribusi Temperatur 6/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.6 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 13.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 40,5^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 51^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 51^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 59^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 57,68^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 16.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 35^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 38^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 39^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 43^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 41,07^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan suhu lingkungan yang semakin berkurang ketika sore hari menjelang malam hari. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Distribusi lingkungan pada titik tertinggi pada tanggal 6 juli 2014 lebih rendah dari hari sebelumnya, dikarenakan cuaca mendung.



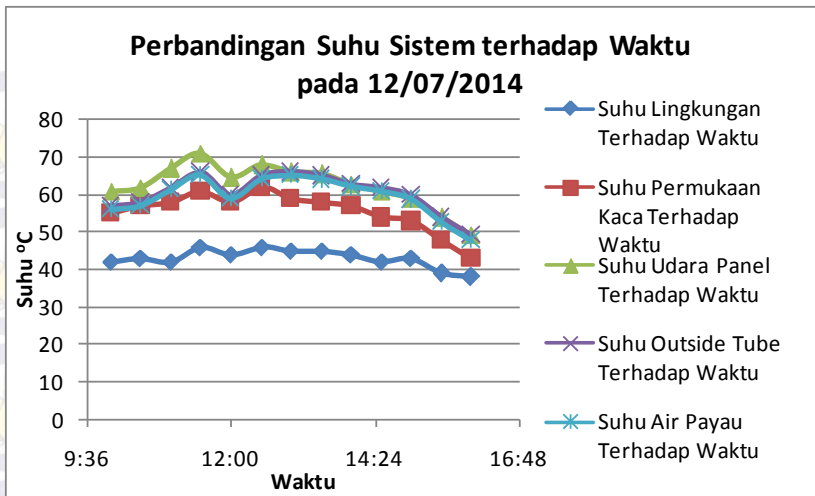
Gambar 6.7. Grafik Distribusi Temperatur 10/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.7 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 13.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 45^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 60^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 70^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 68,5^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 67,01^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 16.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 36,5^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 41^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 47^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 47^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 44,58^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan suhu lingkungan yang semakin berkurang ketika sore hari menjelang malam hari. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau.



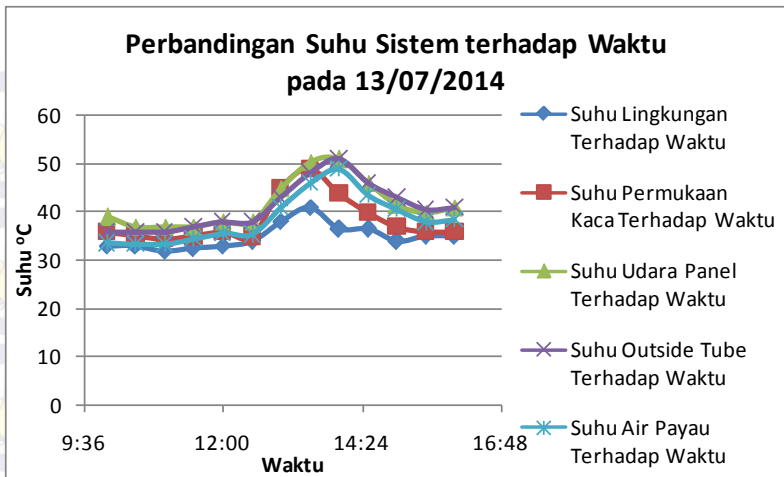
Gambar 6.8. Grafik Distribusi Temperatur 11/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.8 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 12.30 dengan nilai $T_1^{\circ} = 47^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 58,5^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 68^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 65^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 63,91^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 16.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 36,5^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 41^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 47^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 47^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 45,35^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan suhu lingkungan yang semakin berkurang ketika sore hari menjelang malam hari. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau.



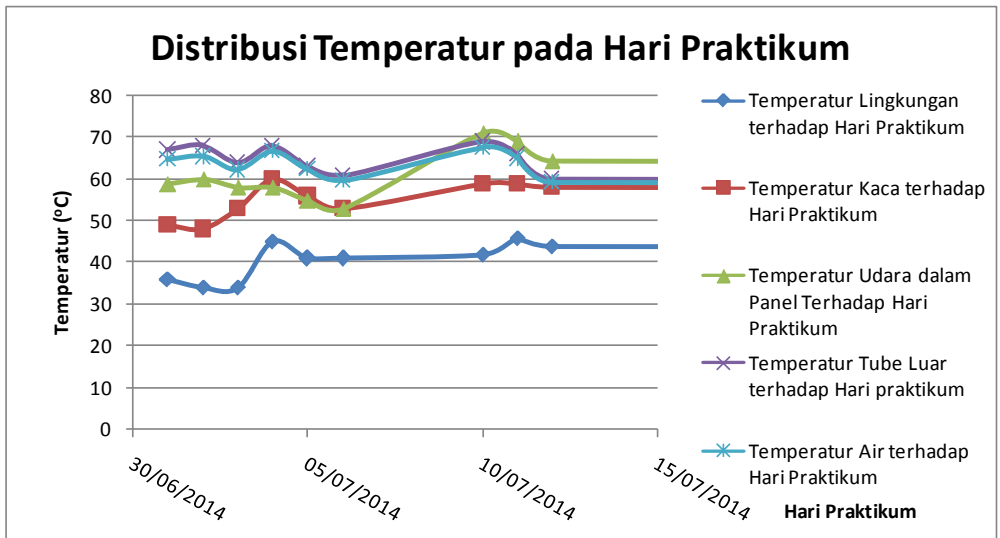
Gambar 6.9. Grafik Distribusi Temperatur 12/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.9 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik tertinggi pada pukul 12.30 dengan nilai $T_1^{\circ} = 46^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 62^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 68^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 65^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 64,33^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 16.00 dengan nilai $T_1^{\circ} = 38^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 43^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 49,5^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 49,5^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 47,94^{\circ}\text{C}$ temperatur terendah disebabkan suhu lingkungan yang semakin berkurang ketika sore hari menjelang malam hari. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau.



Gambar 6.10. Grafik Distribusi Temperatur 13/7/2014

Berdasarkan grafik distribusi 6.10 distribusi temperatur pada percobaan pukul 10.00 sampai 16.00 diketahui mencapai titik distribusi temperatur tertinggi pada pukul 13.30 dengan nilai $T_1^{\circ} = 41^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 49^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 50,5^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 48^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 45,97^{\circ}\text{C}$ kemudian mulai turun hingga pukul 16.00. Distribusi temperatur terendah pada pukul 10.30 dengan nilai $T_1^{\circ} = 33^{\circ}\text{C}$, $T_2^{\circ} = 35^{\circ}\text{C}$, $T_4^{\circ} = 37^{\circ}\text{C}$, $T_5^{\circ} = 36^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 33,48^{\circ}\text{C}$. Suhu terendah terjadi karena cuaca mendung dan kecepatan angin yang lebih tinggi dibandingkan jam sebelumnya. Suhu air payau dalam tube lebih rendah daripada suhu luar tube. Hal ini disebabkan karena adanya losses konduksi pada tube dan konveksi air pada dinding tube ke air. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau. Distribusi temperatur pada 13 Juli 2014 paling rendah dibandingkan distribusi temperatur di hari percobaan karena pada 13 Juli 2014 cuaca mendung mulai jam 8.00 hingga 13.30.



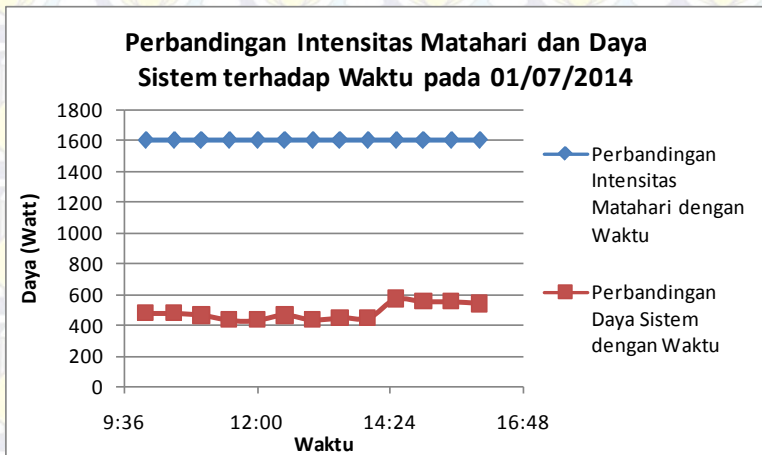
Gambar 6.11. Grafik Distribusi Temperatur pada Hari Praktikum

Data distribusi temperatur diambil pada pukul 12.00 disetiap hari percobaan. Temperatur dari lingkungan sampai tube luar terus bertambah dan temperatur air dalam tube lebih kecil dari temperatur tube luar, hal ini disebabkan adanya konduksi dari tube tembaga dan konveksi pada dinding tube ke air. Berdasarkan grafik 6.11, distribusi temperatur tertinggi terdapat pada tanggal 4 Juli 2014 dengan $T_1^\circ = 45^\circ\text{C}$, $T_2^\circ = 60^\circ\text{C}$, $T_4^\circ = 58^\circ\text{C}$, $T_5^\circ = 68^\circ\text{C}$ dan $T_w^\circ = 66,77^\circ\text{C}$. Distribusi temperatur terendah pada tanggal 13 Juli 2014 dengan $T_1^\circ = 33^\circ\text{C}$, $T_2^\circ = 36^\circ\text{C}$, $T_4^\circ = 38^\circ\text{C}$, $T_5^\circ = 38^\circ\text{C}$ dan $T_w^\circ = 35,56^\circ\text{C}$. Distribusi temperatur rata-rata perhari selama percobaan pada $T_1^\circ = 39,6^\circ\text{C}$, $T_2^\circ = 53,1^\circ\text{C}$, $T_4^\circ = 58,55^\circ\text{C}$, $T_5^\circ = 62,4^\circ\text{C}$ dan $T_w^\circ = 60,85^\circ\text{C}$. Ketidakstabilan grafik disebabkan karena kecepatan angin yang berhembus dan cuaca mendung pada waktu tertentu sehingga panas yang diterima sistem lebih rendah dari keadaan normal ketika musim kemarau.

6.3.2 Intensitas Matahari (IT) dengan Daya yang Dihasilkan (Q_{nett})

Tabel 6.11 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 1/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{nett}
10:00 AM	34	44	10	1603,4972	480,8996
10:30 AM	36	46	10	1603,4972	480,8996
11:00 AM	36	47	11	1603,4972	465,4911
11:30 AM	33	46	13	1603,4972	434,6741
12:00 PM	36	49	13	1603,4972	434,6741
12:30 PM	34	45	11	1603,4972	465,4911
1:00 PM	32	45	13	1603,4972	434,6741
1:30 PM	34	46	12	1603,4972	450,0826
2:00 PM	33	45	12	1603,4972	450,0826
2:30 PM	33	37	4	1603,4972	573,3508
3:00 PM	33	38	5	1603,4972	557,9423
3:30 PM	33	38	5	1603,4972	557,9423
4:00 PM	33	39	6	1603,4972	542,5337

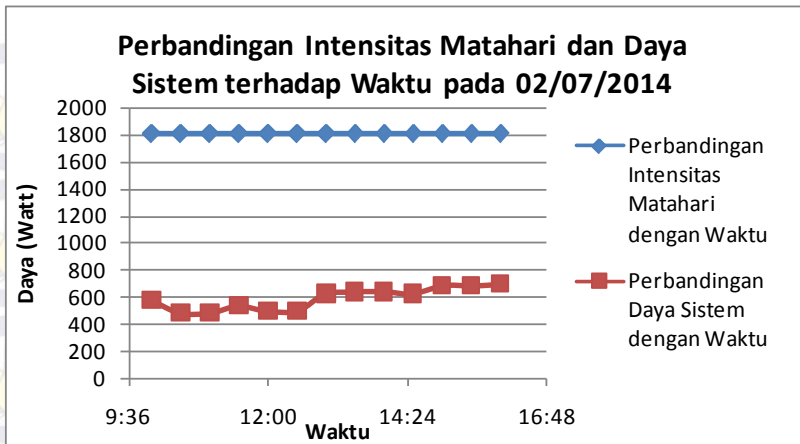


Gambar 6.12. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 1/7/2014

Berdasarkan grafik 6.12, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 1 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan 1603,4972 Watt/m². Daya yang diterima panel evaporator (Q_{nett}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 14.30 sebesar 573,35 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 4°C. Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 11.30 – 12.00 sebesar 434,49 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 13°C.

Tabel 6.12 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 2/7/2014

Jam	T ₁ ^o	T ₂ ^o	ΔT ₁	IT	Q _{nett}
10:00 AM	33	42	9	1803,545	575,527
10:30 AM	33	48	15	1803,545	483,0758
11:00 AM	34	49	15	1803,545	483,0758
11:30 AM	35,5	47	11,5	1803,545	537,0057
12:00 PM	34	48	14	1803,545	498,4843
12:30 PM	36	50	14	1803,545	498,4843
1:00 PM	39	45	6	1803,545	621,7525
1:30 PM	39	44	5	1803,545	637,1611
2:00 PM	39	44	5	1803,545	637,1611
2:30 PM	39	45	6	1803,545	621,7525
3:00 PM	32	34	2	1803,545	683,3866
3:30 PM	32	34	2	1803,545	683,3866
4:00 PM	30	31	1	1803,545	698,7952

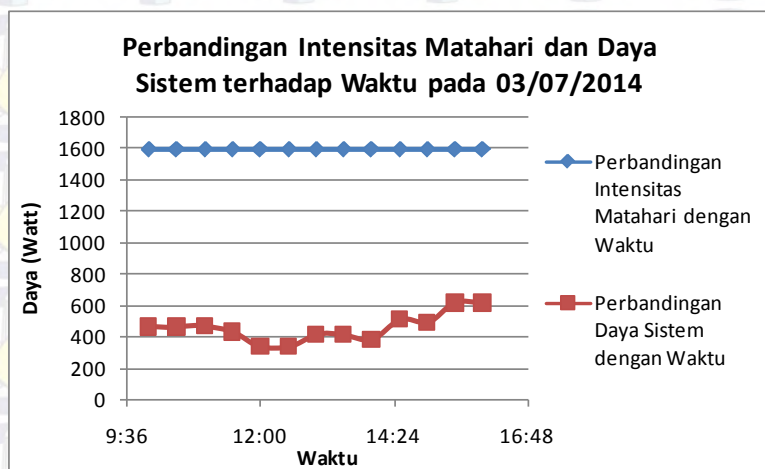


Gambar 6.13. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 2/7/2014

Berdasarkan grafik 6.13, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 2 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan 1803,545 Watt/m². Daya yang diterima panel evaporator (Qnett) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 16.00 sebesar 698,8 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 1°C. Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 10.30 – 11.00 sebesar 483,08 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 15°C.

Tabel 6.13 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 3/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{nett}
10:00 AM	31	42	11	1600,212	464,19
10:30 AM	33	44	11	1600,212	464,19
11:00 AM	33	43,5	10,5	1600,212	471,8943
11:30 AM	34	47	13	1600,212	433,373
12:00 PM	34	53	19	1600,212	340,9218
12:30 PM	35	54	19	1600,212	340,9218
1:00 PM	34	48	14	1600,212	417,9644
1:30 PM	34	48	14	1600,212	417,9644
2:00 PM	34	50	16	1600,212	387,1474
2:30 PM	33	41	8	1600,212	510,4156
3:00 PM	31	40	9	1600,212	495,0071
3:30 PM	30	31	1	1600,212	618,2753
4:00 PM	30	31	1	1600,212	618,2753



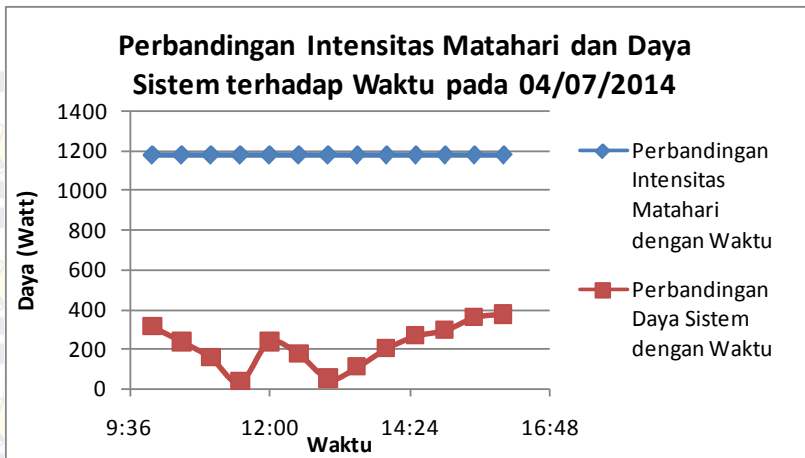
Gambar 6.14. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 3/7/2014

Berdasarkan grafik 6.14, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu

sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 3 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan 1600,212 Watt/m². Daya yang diterima panel evaporator (Q_{nett}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 15.30 – 16.00 sebesar 618,28 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 1°C. Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 12.00 – 12.30 sebesar 340,92 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 19°C.

Tabel 6.14 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 4/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{nett}
10:00 AM	42	52	10	1175,546	311,4308
10:30 AM	43	58	15	1175,546	234,3882
11:00 AM	42	62	20	1175,546	157,3455
11:30 AM	36	64	28	1175,546	34,07734
12:00 PM	45	60	15	1175,546	234,3882
12:30 PM	39	58	19	1175,546	172,7541
1:00 PM	35	62	27	1175,546	49,48586
1:30 PM	35	58	23	1175,546	111,12
2:00 PM	39	56	17	1175,546	203,5711
2:30 PM	43	56	13	1175,546	265,2052
3:00 PM	42	53	11	1175,546	296,0223
3:30 PM	39	46	7	1175,546	357,6564
4:00 PM	37	43	6	1175,546	373,0649

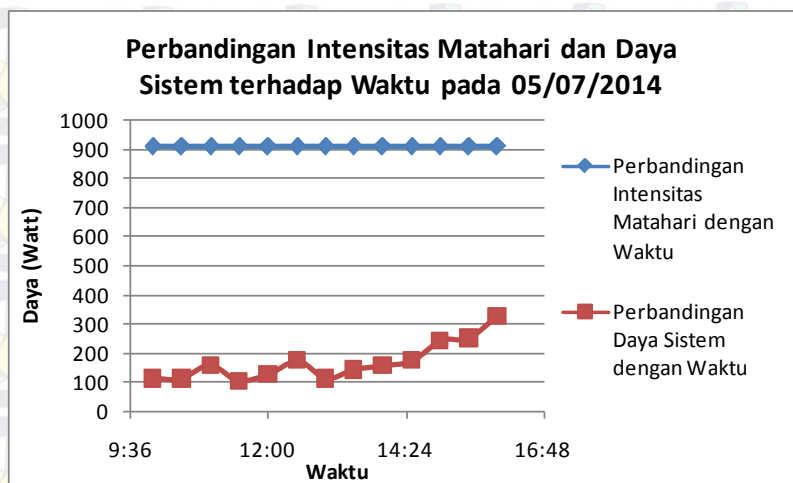


Gambar 6.15. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 4/7/2014

Berdasarkan grafik 6.15, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 4 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan $1600,212 \text{ Watt/m}^2$. Daya yang diterima panel evaporator (Q_{net}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 16.00 sebesar 373,06 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 6°C . Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 11.30 sebesar 34,08 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 28°C .

Tabel 6.15 Data Intensitas Matahari dengan yang Dihasilkan Daya pada 5/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{nett}
10:00 AM	40	56	16	909,7576	113,7276
10:30 AM	43	59	16	909,7576	113,7276
11:00 AM	44	57	13	909,7576	159,9532
11:30 AM	41,5	58	16,5	909,7576	106,0234
12:00 PM	41	56	15	909,7576	129,1362
12:30 PM	45	57	12	909,7576	175,3617
1:00 PM	41	57	16	909,7576	113,7276
1:30 PM	42	56	14	909,7576	144,5447
2:00 PM	41	54	13	909,7576	159,9532
2:30 PM	39	51	12	909,7576	175,3617
3:00 PM	36,5	44	7,5	909,7576	244,7001
3:30 PM	36	43	7	909,7576	252,4044
4:00 PM	33	35	2	909,7576	329,447

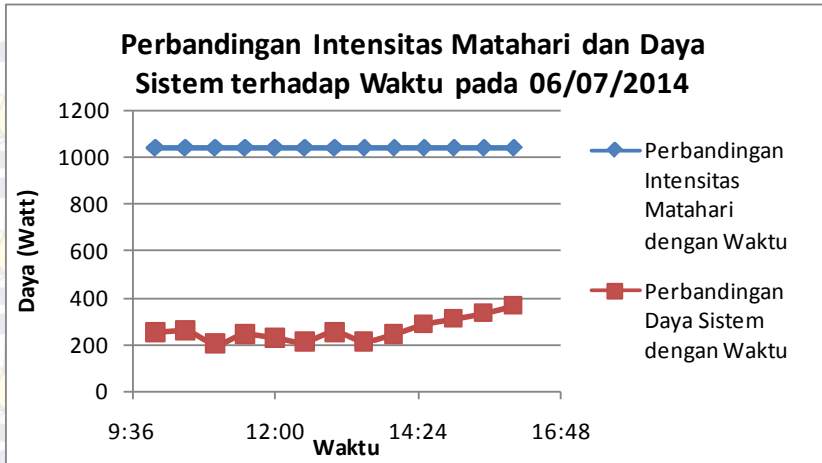


Gambar 6.16. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 5/7/2014

Berdasarkan grafik 6.16, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 5 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan 909,758 Watt/m². Daya yang diterima panel evaporator (Q_{nett}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 16.00 sebesar 329,45 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 2°C. Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 11.30 sebesar 106,02 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 16,5°C.

Tabel 6.16 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 6/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{nett}
10:00 AM	38,5	49	10,5	1040,812	250,3722
10:30 AM	40	50	10	1040,812	258,0765
11:00 AM	40,5	54	13,5	1040,812	204,1467
11:30 AM	42	53	11	1040,812	242,668
12:00 PM	41	53	12	1040,812	227,2594
12:30 PM	41	54	13	1040,812	211,8509
1:00 PM	40,5	51	10,5	1040,812	250,3722
1:30 PM	40	53	13	1040,812	211,8509
2:00 PM	40	51	11	1040,812	242,668
2:30 PM	38	46	8	1040,812	288,8935
3:00 PM	36,5	43	6,5	1040,812	312,0063
3:30 PM	36	41	5	1040,812	335,1191
4:00 PM	35	38	3	1040,812	365,9362

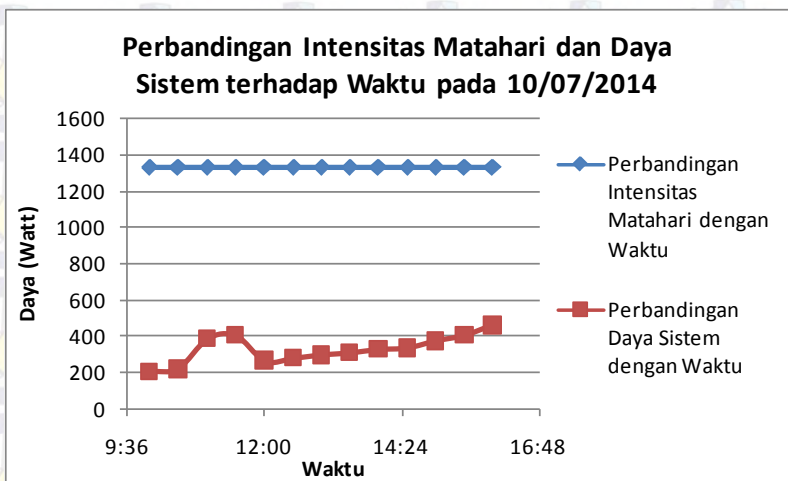


Gambar 6.17. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 6/7/2014

Berdasarkan grafik 6.17, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 6 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan $1040,812 \text{ Watt/m}^2$. Daya yang diterima panel evaporator (Q_{net}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 16.00 sebesar 365,94 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 3°C . Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 11.00 sebesar 204,15 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca $13,5^\circ\text{C}$.

Tabel 6.17 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 10/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{nett}
10:00 AM	37	58	21	1337,053	205,8939
10:30 AM	38	58	20	1337,053	221,3024
11:00 AM	58	67	9	1337,053	390,7962
11:30 AM	42	50	8	1337,053	406,2047
12:00 PM	42	59	17	1337,053	267,528
12:30 PM	44	60	16	1337,053	282,9365
1:00 PM	45	60	15	1337,053	298,345
1:30 PM	44	58	14	1337,053	313,7535
2:00 PM	42	55	13	1337,053	329,1621
2:30 PM	41	53,5	12,5	1337,053	336,8663
3:00 PM	39	49	10	1337,053	375,3876
3:30 PM	37,5	45,5	8	1337,053	406,2047
4:00 PM	36,5	41	4,5	1337,053	460,1345

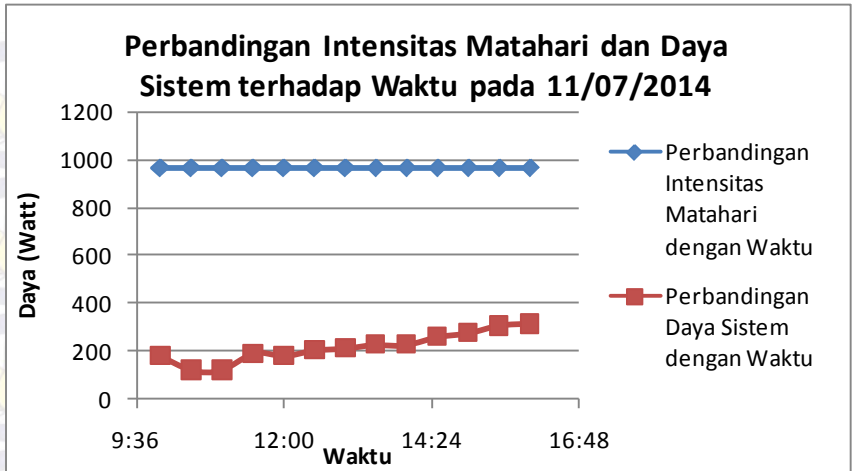


Gambar 6.18. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 10/7/2014

Berdasarkan grafik 6.18, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 10 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan 1337,053 Watt/m². Daya yang diterima panel evaporator (Q_{nett}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 16.00 sebesar 460,13 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 4,5°C. Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 10.00 sebesar 205,89 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 21°C.

Tabel 6.18 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 11/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{nett}
10:00 AM	44	57	13	968,8412	183,3503
10:30 AM	41	58	17	968,8412	121,7162
11:00 AM	43	60	17	968,8412	121,7162
11:30 AM	46,5	59	12,5	968,8412	191,0545
12:00 PM	46	59	13	968,8412	183,3503
12:30 PM	47	58,5	11,5	968,8412	206,4631
1:00 PM	46	57	11	968,8412	214,1673
1:30 PM	46	56	10	968,8412	229,5759
2:00 PM	46	56	10	968,8412	229,5759
2:30 PM	45	53	8	968,8412	260,3929
3:00 PM	41	48	7	968,8412	275,8014
3:30 PM	40	45	5	968,8412	306,6185
4:00 PM	36,5	41	4,5	968,8412	314,3227

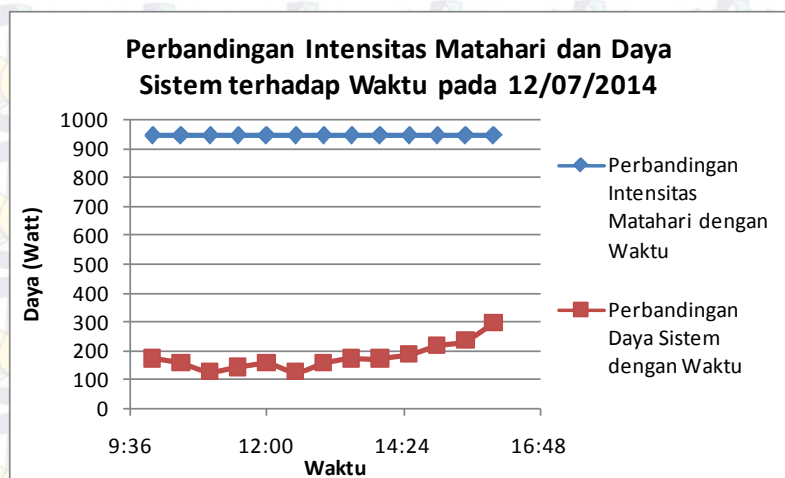


Gambar 6.19. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 11/7/2014

Berdasarkan grafik 6.19, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 11 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan 968,841 Watt/m². Daya yang diterima panel evaporator (Q_{nett}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 16.00 sebesar 314,32 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 4,5°C. Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 10.30 – 11.00 sebesar 121,72 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 17°C.

Tabel 6.19 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 12/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{net}
10:00 AM	42	55	13	944,5738	173,7404
10:30 AM	43	57	14	944,5738	158,3319
11:00 AM	42	58	16	944,5738	127,5148
11:30 AM	46	61	15	944,5738	142,9234
12:00 PM	44	58	14	944,5738	158,3319
12:30 PM	46	62	16	944,5738	127,5148
1:00 PM	45	59	14	944,5738	158,3319
1:30 PM	45	58	13	944,5738	173,7404
2:00 PM	44	57	13	944,5738	173,7404
2:30 PM	42	54	12	944,5738	189,1489
3:00 PM	43	53	10	944,5738	219,966
3:30 PM	39	48	9	944,5738	235,3745
4:00 PM	38	43	5	944,5738	297,0086

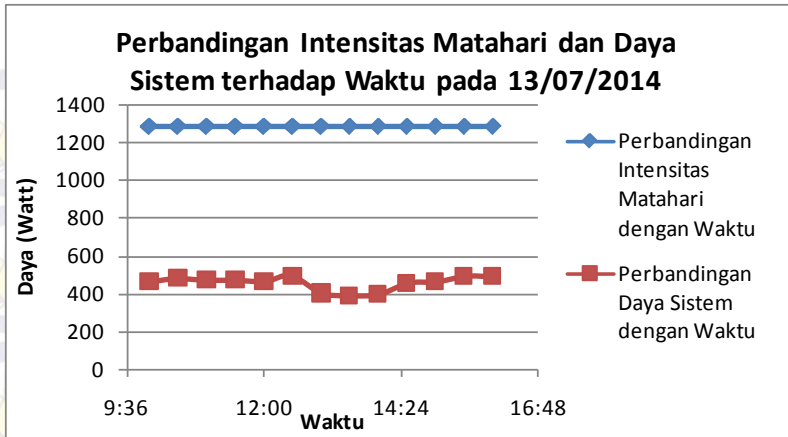


Gambar 6.20. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 12/7/2014

Berdasarkan grafik 6.20, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 12 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan 944,574 Watt/m². Daya yang diterima panel evaporator (Q_{nett}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 16.00 sebesar 297,01 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 5°C. Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 11.00 dan 12.30 sebesar 127,51 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 16°C.

Tabel 6.20 Data Intensitas Matahari dengan Daya yang Dihasilkan pada 13/7/2014

Jam	T_1°	T_2°	ΔT_1	IT	Q_{nett}
10:00 AM	33	36	3	1285,978	463,0216
10:30 AM	33	35	2	1285,978	478,4301
11:00 AM	32	34,5	2,5	1285,978	470,7258
11:30 AM	32,5	35	2,5	1285,978	470,7258
12:00 PM	33	36	3	1285,978	463,0216
12:30 PM	34	35	1	1285,978	493,8386
1:00 PM	38	45	7	1285,978	401,3875
1:30 PM	41	49	8	1285,978	385,979
2:00 PM	36,5	44	7,5	1285,978	393,6832
2:30 PM	36,5	40	3,5	1285,978	455,3173
3:00 PM	34	37	3	1285,978	463,0216
3:30 PM	35	36	1	1285,978	493,8386
4:00 PM	35	36	1	1285,978	493,8386



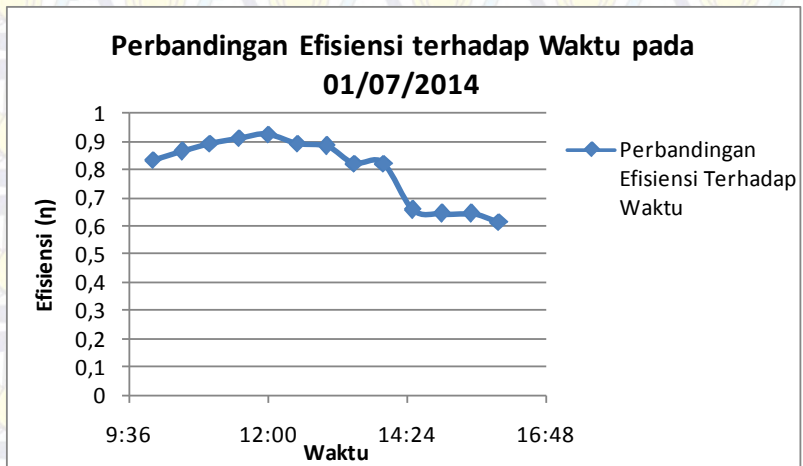
Gambar 6.21. Grafik Intensitas Matahari dengan Daya pada 13/7/2014

Berdasarkan grafik 6.21, nilai intensitas matahari dipengaruhi oleh jumlah hari dan konstanta surya pada daerah tertentu sehingga hasil nilai intensitas matahari dalam satu hari konstan, pada 13 Juli 2014 nilai intensitas matahari konstan 1285,978 Watt/m^2 . Daya yang diterima panel evaporator (Q_{net}) dipengaruhi oleh kecepatan angin dan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca. Daya panel evaporator mencapai titik tertinggi pada pukul 12.30 dan 15.30 – 16.00 sebesar 493,84 Watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 1°C. Perbedaan suhu lingkungan dan kaca dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus, maka daya yang diterima semakin kecil sehingga temperatur yang diterima permukaan kaca semakin kecil. Daya terkecil terdapat pada pukul 13.30 sebesar 385,98 watt dengan perbedaan suhu lingkungan dengan permukaan kaca 8°C.

6.3.3 Intensitas Matahari dengan Efisiensi Panel Evaporator

Tabel 6.21 Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 1/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_s°	T_w°	η
10:00 AM	480,8996	61	58,46894	0,8352706
10:30 AM	480,8996	63	60,46894	0,8638421
11:00 AM	465,4911	65	62,55004	0,893572
11:30 AM	434,6741	66	63,71224	0,9101748
12:00 PM	434,6741	67	64,71224	0,9244605
12:30 PM	465,4911	65	62,55004	0,893572
1:00 PM	434,6741	64	61,71224	0,8816034
1:30 PM	450,0826	60	57,63114	0,823302
2:00 PM	450,0826	60	57,63114	0,823302
2:30 PM	573,3508	49	45,98236	0,6568908
3:00 PM	557,9423	48	45,06346	0,6437637
3:30 PM	557,9423	48	45,06346	0,6437637
4:00 PM	542,5337	46	43,14455	0,6163508

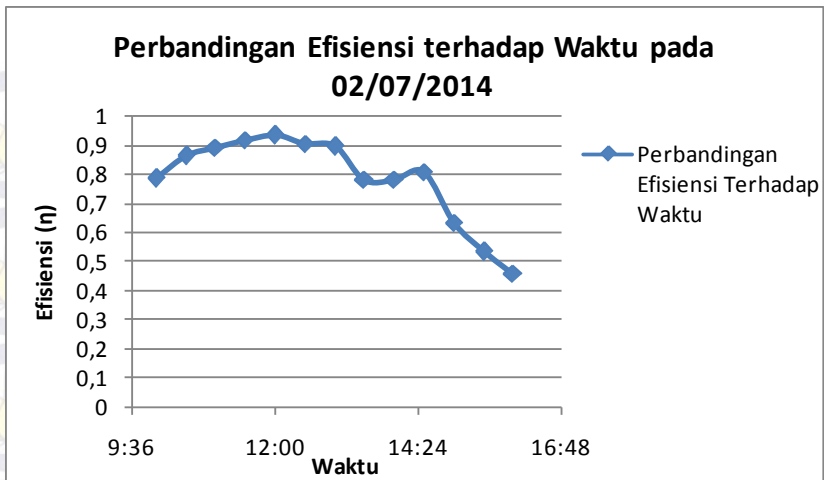


Gambar 6.22. Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 1/7/2014

Berdasarkan grafik 6.22, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau dalam tube tembaga (T_s°) dengan temperatur air payau desain yaitu 70°C . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_s°) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w°). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 12.00 dengan efisiensi mencapai 89,35% pada $T_s^\circ = 67^\circ\text{C}$ dan $T_w^\circ = 64,71^\circ\text{C}$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 61,64% pada $T_s^\circ = 46^\circ\text{C}$ dan $T_w^\circ = 43,14^\circ\text{C}$.

Tabel 6.22 Data Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 2/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_s°	T_w°	η
10:00 AM	575,527	58	54,97091	0,7852986
10:30 AM	483,0758	63	60,45749	0,8636784
11:00 AM	483,0758	65	62,45749	0,8922499
11:30 AM	537,0057	67	64,17365	0,9167664
12:00 PM	498,4843	68	65,37639	0,9339485
12:30 PM	498,4843	66	63,37639	0,9053771
1:00 PM	621,7525	66	62,72761	0,8961088
1:30 PM	637,1611	58	54,64651	0,7806645
2:00 PM	637,1611	58	54,64651	0,7806645
2:30 PM	621,7525	60	56,72761	0,8103945
3:00 PM	683,3866	48	44,40322	0,6343317
3:30 PM	683,3866	41	37,40322	0,5343317
4:00 PM	698,7952	36	32,32212	0,4617446

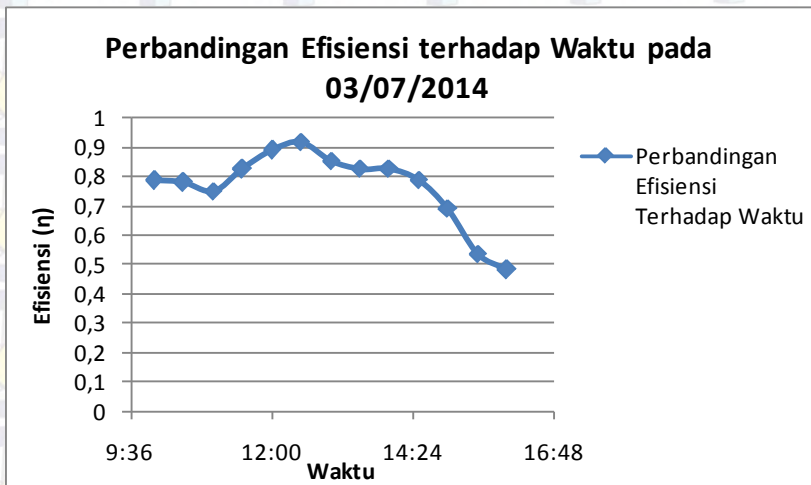


Gambar 6.23. Grafik Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 2/7/2014

Berdasarkan grafik 6.23, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau dalam tube tembaga (T_5°) dengan temperatur air payau desain yaitu 70°C . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_5°) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w°). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 12.00 dengan efisiensi mencapai 93,39% pada $T_5^{\circ} = 68^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 65,38^{\circ}\text{C}$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 46,17% pada $T_5^{\circ} = 36^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 32,32^{\circ}\text{C}$.

Tabel 6.23 Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 3/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_5°	T_w°	η
10:00 AM	464,19	57,5	55,05689	0,786527
10:30 AM	464,19	57	54,55689	0,779384
11:00 AM	471,8943	55	52,51634	0,750233
11:30 AM	433,373	60	57,71909	0,824558
12:00 PM	340,9218	64	62,20567	0,888652
12:30 PM	340,9218	66	64,20567	0,917224
1:00 PM	417,9644	62	59,80018	0,854288
1:30 PM	417,9644	60	57,80018	0,825717
2:00 PM	387,1474	60	57,96238	0,828034
2:30 PM	510,4156	58	55,3136	0,790194
3:00 PM	495,0071	51	48,3947	0,691353
3:30 PM	618,2753	41	37,74591	0,539227
4:00 PM	618,2753	37	33,74591	0,482084

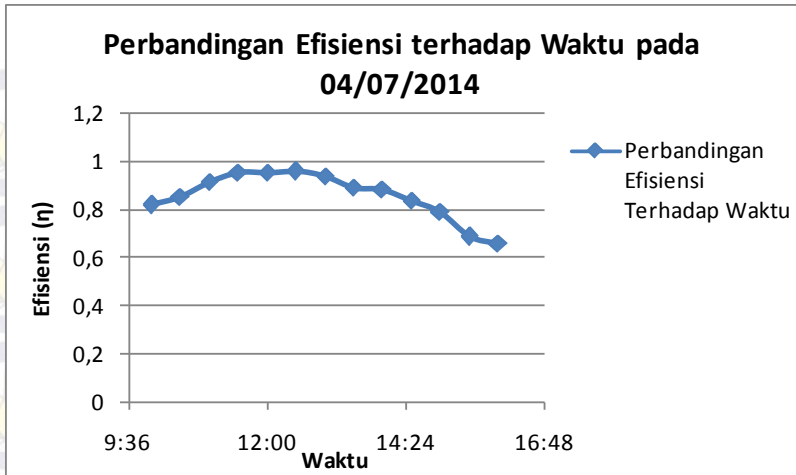


Gambar 6.24. Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 3/7/2014

Berdasarkan grafik 6.24, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau dalam tube tembaga (T_5°) dengan temperatur air payau desain yaitu 70°C . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_5°) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w°). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 12.30 dengan efisiensi mencapai 91,72% pada $T_5^{\circ} = 66^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 64,21^{\circ}\text{C}$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 48,21% pada $T_5^{\circ} = 37^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 33,75^{\circ}\text{C}$.

Tabel 6.24 Data Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 4/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_5°	T_w°	η
10:00 AM	311,4308	59	57,36089	0,819441
10:30 AM	234,3882	61	59,76638	0,853805
11:00 AM	157,3455	65	64,17186	0,916741
11:30 AM	34,07734	67	66,82065	0,954581
12:00 PM	234,3882	68	66,76638	0,953805
12:30 PM	172,7541	68	67,09077	0,95844
1:00 PM	49,48586	66	65,73955	0,939136
1:30 PM	111,12	63	62,41516	0,891645
2:00 PM	203,5711	63	61,92857	0,884694
2:30 PM	265,2052	60	58,60418	0,837203
3:00 PM	296,0223	57	55,44199	0,792028
3:30 PM	357,6564	50	48,11759	0,687394
4:00 PM	373,0649	48	46,0365	0,657664

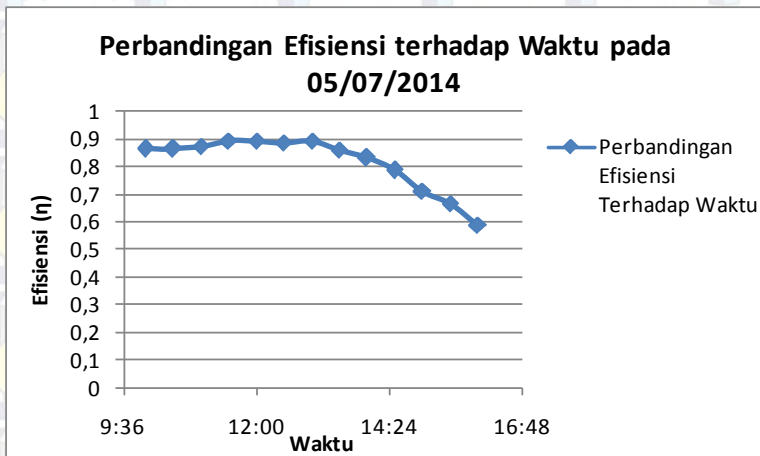


Gambar 6.25. Grafik Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 4/7/2014

Berdasarkan grafik 6.25, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau dalam tube tembaga (T_5^o) dengan temperatur air payau desain yaitu 70^oC . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_5^o) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w^o). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 12.30 dengan efisiensi mencapai 95,84% pada $T_5^o = 68^oC$ dan $T_w^o = 67,09^oC$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 65,77% pada $T_5^o = 48^oC$ dan $T_w^o = 46,04^oC$.

Tabel 6.25 Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 5/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_s°	T_w°	η
10:00 AM	113,7276	61	60,40143	0,862878
10:30 AM	113,7276	61	60,40143	0,862878
11:00 AM	159,9532	62	61,15814	0,873688
11:30 AM	106,0234	63	62,44198	0,892028
12:00 PM	129,1362	63	62,32033	0,89029
12:30 PM	175,3617	63	62,07704	0,886815
1:00 PM	113,7276	63	62,40143	0,891449
1:30 PM	144,5447	61	60,23924	0,860561
2:00 PM	159,9532	59	58,15814	0,830831
2:30 PM	175,3617	56	55,07704	0,786815
3:00 PM	244,7001	51	49,7121	0,710173
3:30 PM	252,4044	48	46,67155	0,666736
4:00 PM	329,447	43	41,26607	0,589515



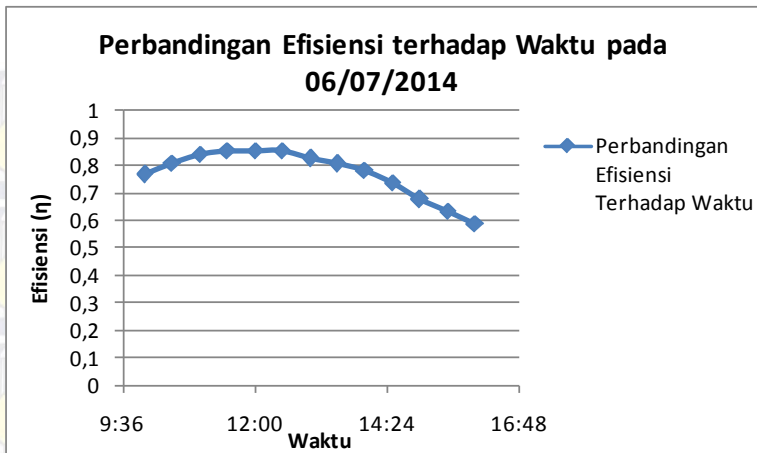
Gambar 6.26. Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 5/7/2014

Berdasarkan grafik 6.26, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau

dalam tube tembaga (T_5°) dengan temperatur air payau desain yaitu 70°C . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_5°) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w°). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 13.00 dengan efisiensi mencapai 89,14% pada $T_5^{\circ} = 63^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 62,40^{\circ}\text{C}$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 58,95% pada $T_5^{\circ} = 43^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^{\circ} = 41,27^{\circ}\text{C}$.

Tabel 6.26 Data Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 6/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_5°	T_w°	η
10:00 AM	250,3722	55	53,68225	0,766889
10:30 AM	258,0765	58	56,6417	0,809167
11:00 AM	204,1467	60	58,92554	0,841793
11:30 AM	242,668	61	59,7228	0,853183
12:00 PM	227,2594	61	59,8039	0,854341
12:30 PM	211,8509	61	59,88499	0,8555
1:00 PM	250,3722	59	57,68225	0,824032
1:30 PM	211,8509	57,5	56,38499	0,8055
2:00 PM	242,668	56	54,7228	0,781754
2:30 PM	288,8935	53	51,47951	0,735422
3:00 PM	312,0063	49	47,35786	0,676541
3:30 PM	335,1191	46	44,23621	0,631946
4:00 PM	365,9362	43	41,07402	0,586772

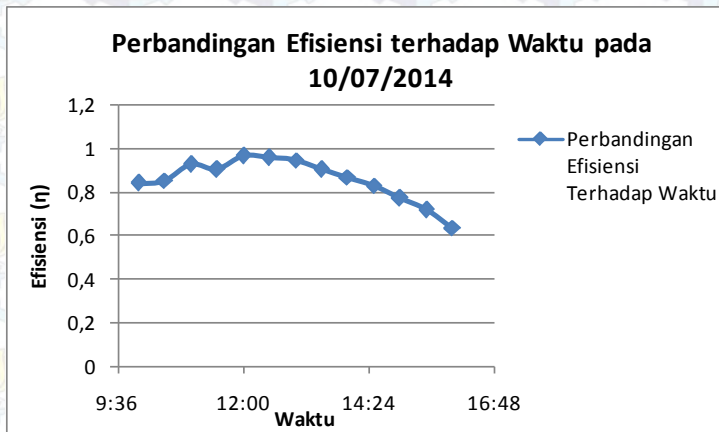


Gambar 6.27. Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 6/7/2014

Berdasarkan grafik 6.27, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau dalam tube tembaga (T_s^o) dengan temperatur air payau desain yaitu 70°C . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_s^o) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w^o). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 12.30 dengan efisiensi mencapai 85.56% pada $T_s^o = 61^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^o = 59,88^{\circ}\text{C}$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 58,68% pada $T_s^o = 43^{\circ}\text{C}$ dan $T_w^o = 41,07^{\circ}\text{C}$.

Tabel 6.27 Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 10/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_5°	T_w°	η
10:00 AM	205,8939	60	58,91635	0,841662
10:30 AM	221,3024	61	59,83525	0,854789
11:00 AM	390,7962	67	64,94317	0,92776
11:30 AM	406,2047	65,5	63,36208	0,905173
12:00 PM	267,528	69	67,59196	0,965599
12:30 PM	282,9365	68,5	67,01086	0,957298
1:00 PM	298,345	68	66,42976	0,948997
1:30 PM	313,7535	65	63,34866	0,904981
2:00 PM	329,1621	62,5	60,76757	0,868108
2:30 PM	336,8663	60	58,22702	0,831815
3:00 PM	375,3876	56	54,02427	0,771775
3:30 PM	406,2047	52,5	50,36208	0,719458
4:00 PM	460,1345	47	44,57824	0,636832



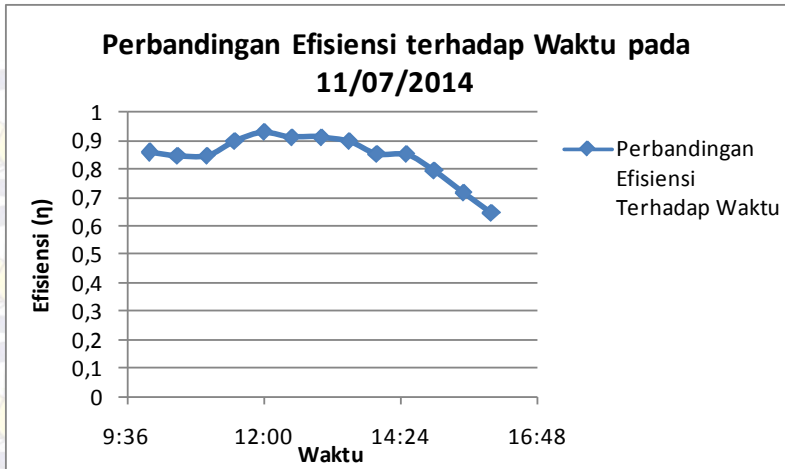
Gambar 6.28. Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 10/7/2014

Berdasarkan grafik 6.28, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau dalam tube tembaga (T_5°) dengan temperatur air payau desain

yaitu 70°C. Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_s^o) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w^o). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 12.00 dengan efisiensi mencapai 96,56% pada $T_s^o = 69^\circ\text{C}$ dan $T_w^o = 67,59^\circ\text{C}$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 63,68% pada $T_s^o = 47^\circ\text{C}$ dan $T_w^o = 44,58^\circ\text{C}$.

Tabel 6.28 Data Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 11/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_s^o	T_w^o	η
10:00 AM	183,3503	61	60,035	0,857643
10:30 AM	121,7162	60	59,35939	0,847991
11:00 AM	121,7162	60	59,35939	0,847991
11:30 AM	191,0545	64	62,99445	0,899921
12:00 PM	183,3503	66	65,035	0,929071
12:30 PM	206,4631	65	63,91335	0,913048
1:00 PM	214,1673	65	63,8728	0,912469
1:30 PM	229,5759	64	62,7917	0,897024
2:00 PM	229,5759	61	59,7917	0,854167
2:30 PM	260,3929	61	59,62951	0,85185
3:00 PM	275,8014	57	55,54841	0,793549
3:30 PM	306,6185	52	50,38622	0,719803
4:00 PM	314,3227	47	45,34567	0,647795

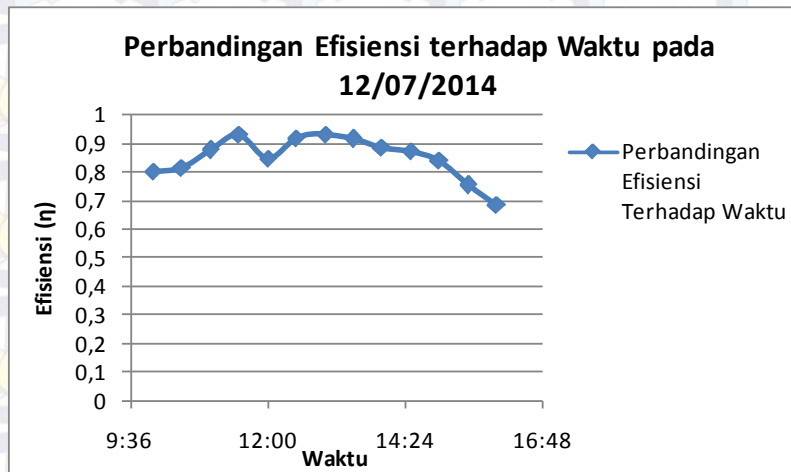


Gambar 6.29. Grafik Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 11/7/2014

Berdasarkan grafik 6.29, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau dalam tube tembaga (T_5^o) dengan temperatur air payau desain yaitu 70^oC . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_5^o) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w^o). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 12.00 dengan efisiensi mencapai 92,91% pada $T_5^o = 66^oC$ dan $T_w^o = 65,03^oC$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 64,78% pada $T_5^o = 47^oC$ dan $T_w^o = 45,35^oC$.

Tabel 6.29 Data Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 12/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_5°	T_w°	η
10:00 AM	173,7404	57	56,08558	0,801223
10:30 AM	158,3319	58	57,16667	0,816667
11:00 AM	127,5148	62	61,32887	0,876127
11:30 AM	142,9234	66	65,24777	0,932111
12:00 PM	158,3319	60	59,16667	0,845238
12:30 PM	127,5148	65	64,32887	0,918984
1:00 PM	158,3319	66	65,16667	0,930952
1:30 PM	173,7404	65	64,08558	0,915508
2:00 PM	173,7404	63	62,08558	0,886937
2:30 PM	189,1489	62	61,00448	0,871493
3:00 PM	219,966	60	58,84228	0,840604
3:30 PM	235,3745	54	52,76118	0,753731
4:00 PM	297,0086	49,5	47,93679	0,684811



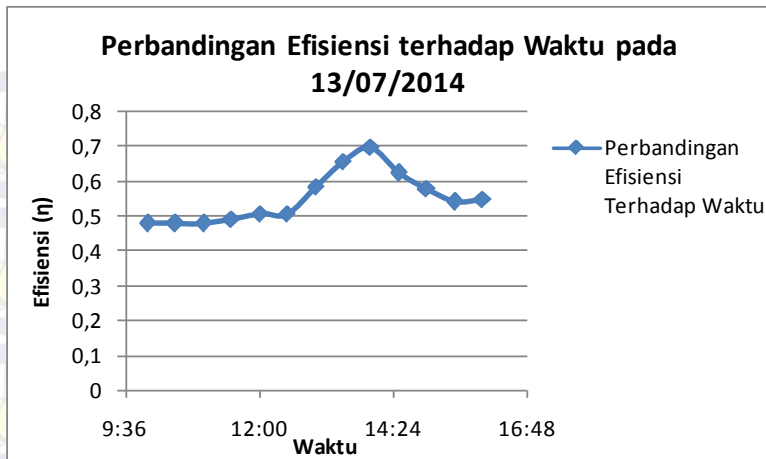
Gambar 6.30. Grafik Intensitas Matahari dengan Effisiensi pada 12/7/2014

Berdasarkan grafik 6.30, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau

dalam tube tembaga (T_5°) dengan temperatur air payau desain yaitu 70°C . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_5°) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w°). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 11.30 dengan efisiensi mencapai 93,21% pada $T_5^\circ = 66^\circ\text{C}$ dan $T_w^\circ = 65,25^\circ\text{C}$. Efisiensi terendah pada pukul 16.00 dengan nilai efisiensi 68,48% pada $T_5^\circ = 49,5^\circ\text{C}$ dan $T_w^\circ = 47,94^\circ\text{C}$. Pada pukul 11.30 – 13.00 terdapat kecepatan angin yang tinggi sehingga temperatur tube luar mengalami penurunan dan mencapai titik tertinggi kedua pada pukul 13.00 dengan efisiensi 93,09% pada $T_5^\circ = 66^\circ\text{C}$ dan $T_w^\circ = 65,17^\circ\text{C}$. Setelah mencapai titik tertinggi kedua, efisiensi, temperatur tube luar dan temperatur air payau mengalami penurunan hingga pukul 16.00.

Tabel 6.30 Data Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 13/7/2014

Jam	Q_{nett}	T_5°	T_w°	η
10:00 AM	463,0216	36	33,56304	0,479472
10:30 AM	478,4301	36	33,48194	0,478313
11:00 AM	470,7258	36	33,52249	0,478893
11:30 AM	470,7258	37	34,52249	0,493178
12:00 PM	463,0216	38	35,56304	0,508043
12:30 PM	493,8386	38	35,40084	0,505726
1:00 PM	401,3875	43	40,88743	0,584106
1:30 PM	385,979	48	45,96853	0,656693
2:00 PM	393,6832	51	48,92798	0,698971
2:30 PM	455,3173	46	43,60359	0,622908
3:00 PM	463,0216	43	40,56304	0,579472
3:30 PM	493,8386	40,5	37,90084	0,541441
4:00 PM	493,8386	41	38,40084	0,548583



Gambar 6.31. Grafik Intensitas Matahari dengan Efisiensi pada 13/07/2014

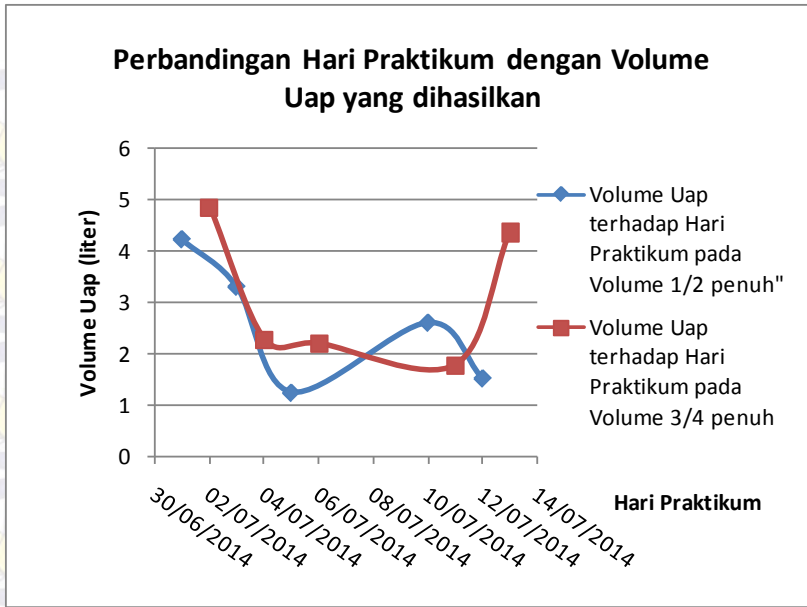
Berdasarkan grafik 6.31, nilai efisiensi dari panel evaporasi uap tenaga surya berdasarkan perbandingan temperatur air payau dalam tube tembaga (T_5^o) dengan temperatur air payau desain yaitu 70^oC . Temperatur air payau desain merupakan temperatur ketika penguapan air payau. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan temperatur tube luar tembaga (T_5^o) dan temperatur air payau hasil percobaan yang diketahui dari hasil perhitungan (T_w^o). Efisiensi tertinggi dicapai pukul 14.00 dengan efisiensi mencapai 69,89% pada $T_5^o = 51^oC$ dan $T_w^o = 48,93^oC$. Efisiensi terendah pada pukul 10.30 dengan nilai efisiensi 47,83% pada $T_5^o = 36^oC$ dan $T_w^o = 33,48^oC$.

6.3.4 Intensitas Matahari dengan Uap Air yang Dihasilkan

Tabel 6.31 Data Intensitas Matahari dengan Uap Air yang Dihasilkan

Tanggal	V_{Tube}	Q_{nett}	IT	T_w^o	hfg	hf
01/07/2014	1/2 penuh	434,6741	1603,497	64,71224	2347,87	125,604
03/07/2014	1/2 penuh	340,9218	1600,212	62,20567	2352,8	125,604
05/07/2014	1/2 penuh	129,1362	909,7576	62,32033	2352,8	125,604
10/07/2014	1/2 penuh	267,528	1337,053	67,59196	2340,5	125,604
12/07/2014	1/2 penuh	158,3319	944,5738	59,16667	2360,13	125,604
02/07/2014	3/4 penuh	498,4843	1803,545	65,37639	2345,43	125,604
04/07/2014	3/4 penuh	234,3882	1175,546	66,76638	2340,5	125,604
06/07/2014	3/4 penuh	227,2594	1040,812	59,8039	2357,69	125,604
11/07/2014	3/4 penuh	183,3503	968,8412	65,035	2345,43	125,604
13/07/2014	3/4 penuh	463,0216	1285,978	35,56304	2415,56	125,604

Tanggal	V_{Tube}	Δh	\dot{m}_{uap}	m_{uap}	V_{uap}
01/07/2014	1/2 penuh	2222,266	0,000196	4,224949	4,224949
03/07/2014	1/2 penuh	2227,196	0,000153	3,30636	3,30636
05/07/2014	1/2 penuh	2227,196	5,8E-05	1,2524	1,2524
10/07/2014	1/2 penuh	2214,896	0,000121	2,608973	2,608973
12/07/2014	1/2 penuh	2234,526	7,09E-05	1,530512	1,530512
02/07/2014	3/4 penuh	2219,826	0,000225	4,850498	4,850498
04/07/2014	3/4 penuh	2214,896	0,000106	2,285789	2,285789
06/07/2014	3/4 penuh	2232,086	0,000102	2,1992	2,1992
11/07/2014	3/4 penuh	2219,826	8,26E-05	1,784088	1,784088
13/07/2014	3/4 penuh	2289,956	0,000202	4,367449	4,367449



Gambar 6.32. Grafik Volume Uap yang dihasilkan dengan Hari Praktikum

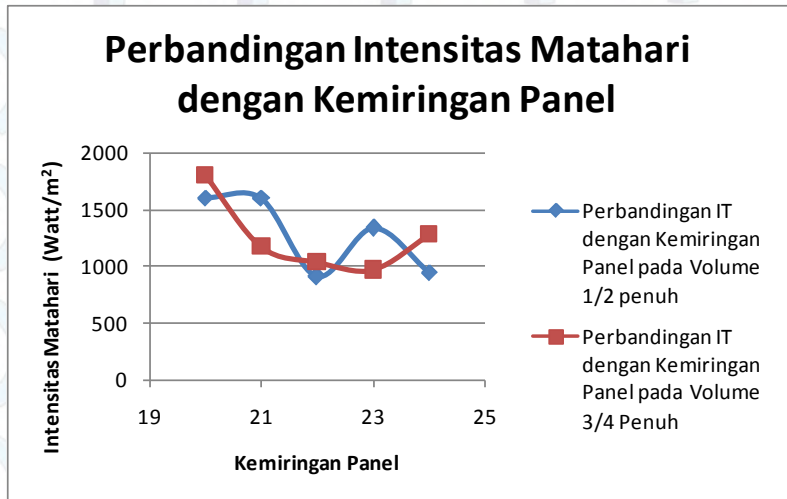
Berdasarkan grafik 6.33, Volume uap hasil evaporasi maksimum pada volume tube tembaga $\frac{1}{2}$ penuh terdapat pada 1 Juli 2014 dengan hasil uap 4,22 liter pada temperatur air payau $64,71^{\circ}\text{C}$ dan volume hasil uap minimum terdapat pada 5 Juli 2014 dengan hasil uap 1,25 liter pada temperatur air payau $62,32^{\circ}\text{C}$. Volume uap hasil evaporasi maksimum pada volume tube tembaga $\frac{3}{4}$ penuh terdapat pada 2 Juli 2014 dengan hasil uap 4,85 liter pada temperatur air payau $65,38^{\circ}\text{C}$ dan volume hasil uap minimum terdapat pada 11 Juli 2014 dengan hasil uap 1,78 liter pada temperatur air payau $65,03^{\circ}\text{C}$. Perhitungan volume uap hasil evaporasi menggunakan persamaan 2.12. Nilai ρ_{uap} menggunakan data density water pada lampiran 3 *Tabel density of water* yang ditentukan dengan temperatur air payau (T_w°) hasil praktikum.

$$V_{\text{uap}} = \frac{\dot{m} \cdot t}{\rho}$$

6.3.5 Intensitas Matahari dengan Sudut Kemiringan Panel Evaporator

Tabel 6.32 Data Intensitas Matahari dengan Sudut Kemiringan Panel Evaporator

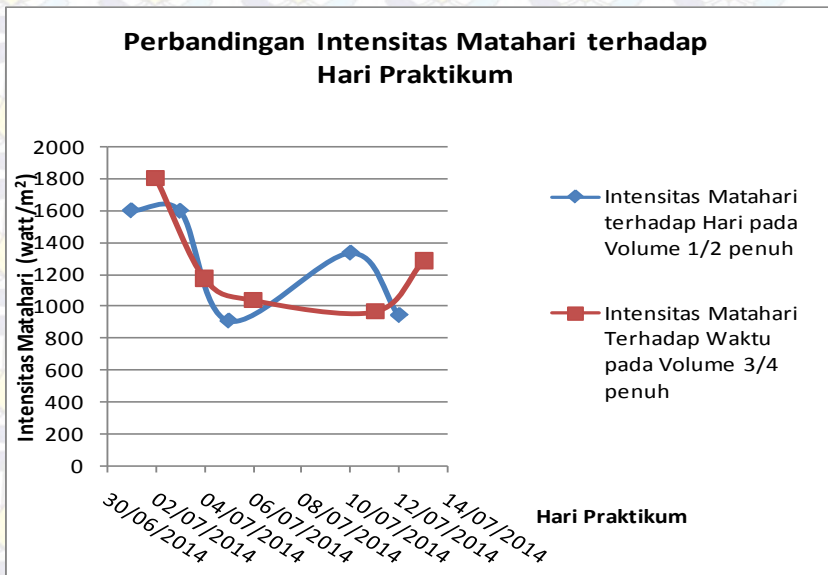
Tanggal	V _{Tube}	IT	θ
01/07/2014	1/2 penuh	1603,497	20
03/07/2014	1/2 penuh	1600,212	21
05/07/2014	1/2 penuh	909,7576	22
10/07/2014	1/2 penuh	1337,053	23
12/07/2014	1/2 penuh	944,5738	24
02/07/2014	3/4 penuh	1803,545	20
04/07/2014	3/4 penuh	1175,546	21
06/07/2014	3/4 penuh	1040,812	22
11/07/2014	3/4 penuh	968,8412	23
13/07/2014	3/4 penuh	1285,978	24



Gambar 6.33. Grafik Intensitas Matahari dengan Sudut Kemiringan

Berdasarkan grafik 6.34, diketahui pada volume $\frac{1}{2}$ penuh intensitas matahari yang diterima tidak stabil pada sudut 20° sampai 24° . Intensitas matahari tertinggi didapat pada sudut 20° dengan intensitas matahari $1603,497 \text{ watt/m}^2$ dan intensitas matahari terendah didapat pada sudut 22° dengan intensitas matahari $909,758 \text{ watt/m}^2$. Sedangkan pada volume $\frac{3}{4}$ penuh intensitas matahari tertinggi didapat pada sudut 20° dengan intensitas matahari $1803,545 \text{ watt/m}^2$ dan Intensitas matahari terendah didapat pada sudut 23° dengan intensitas matahari $968,841 \text{ watt/m}^2$.

6.3.6 Intensitas Matahari dengan Hari Praktikum



Gambar 6.34. Grafik Intensitas Matahari dengan Hari Praktikum

Berdasarkan grafik 6.34, intensitas matahari maksimum pada volume tube tembaga $\frac{1}{2}$ penuh terdapat pada 1 Juli 2014 dengan intensitas matahari $1603,497 \text{ watt/m}^2$, dan intensitas matahari

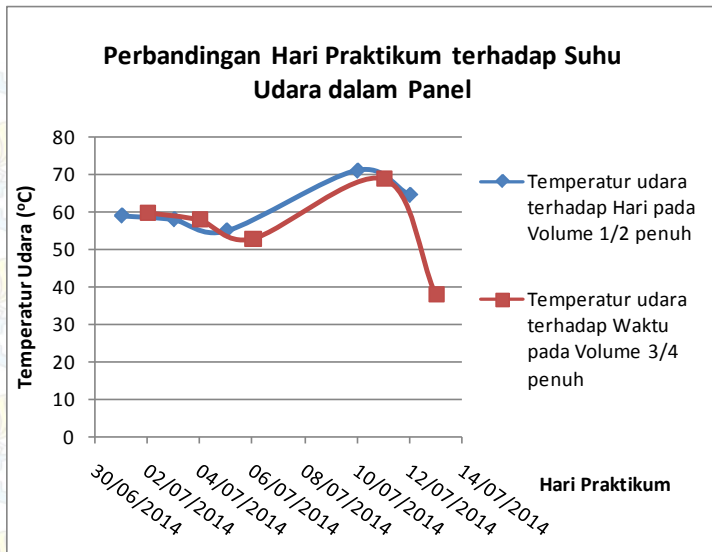
terendah pada 5 juli 2014 dengan intensitas matahari 909,76 watt/m². Intensitas matahari maksimum pada volume tube tembaga ³/₄ penuh terdapat pada 2 Juli 2014 dengan intensitas matahari 1803,545 watt/m², dan intensitas matahari terendah pada 11 Juli 2014 dengan intensitas matahari 968,84 watt/m². Hubungan intensitas matahari dengan hari ditentukan oleh nilai n (jumlah hari yang dihitung mulai tanggal 1 januari) dan kontanta G_R (konstanta radiasi surya daerah) yang ditunjukkan pada persamaan 2.9 yaitu :

$$IT = G_R \left[1 + 0.333 \cos \left(\frac{360n}{365.25} \right) \right]$$

6.3.7 Hari Praktikum dengan Temperatur Udara Panel Evaporator

Tabel 6.33 Data Hari Praktikum dengan Temperatur Udara Panel Evaporator

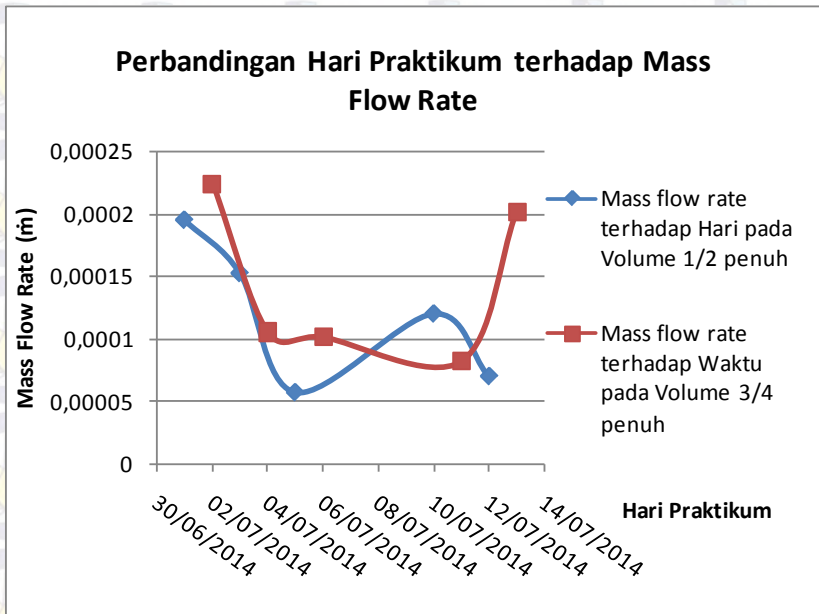
Tanggal	V _{tube}	IT	T _u ^o
01/07/2014	1/2 penuh	1603,497	59
03/07/2014	1/2 penuh	1600,212	58
05/07/2014	1/2 penuh	909,7576	55
10/07/2014	1/2 penuh	1337,053	71
12/07/2014	1/2 penuh	944,5738	64,5
02/07/2014	3/4 penuh	1803,545	60
04/07/2014	3/4 penuh	1175,546	58
06/07/2014	3/4 penuh	1040,812	53
11/07/2014	3/4 penuh	968,8412	69
13/07/2014	3/4 penuh	1285,978	38



Gambar 6.35. Grafik Hari Praktikum dengan Temperatur Udara dalam Panel Evaporator

Berdasarkan grafik 6.35, temperatur udara maksimum pada volume tube $\frac{1}{2}$ penuh ialah 71°C pada intensitas matahari $1337,05 \text{ watt/m}^2$ dan temperatur udara minimum ialah 55°C pada intensitas matahari $909,76 \text{ watt/m}^2$. Temperatur udara maksimum pada volume tube $\frac{3}{4}$ penuh ialah 69°C pada intensitas matahari $968,84 \text{ watt/m}^2$ dan temperatur udara minimum ialah 53°C pada intensitas matahari $1040,812 \text{ watt/m}^2$. Ketidakteraturan grafik hasil praktikum disebabkan karena faktor kecepatan angin dan cuaca mendung.

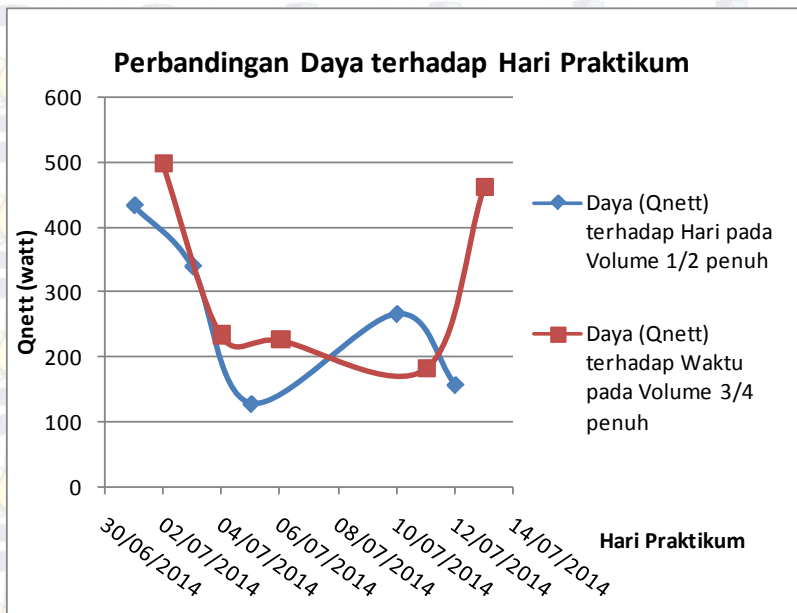
6.3.8 Hari Praktikum dengan *Mass Flow Rate* Uap



Gambar 6.36. Grafik Hari Praktikum dengan *Mass Flow Rate* Uap

Mass flow rate uap dengan intensitas matahari berbanding lurus karena semakin besar intensitas matahari yang diterima maka temperatur dalam panel evaporator meningkat. Dari grafik 6.36 menunjukkan nilai *mass flow rate* uap tertinggi pada volume tube $\frac{1}{2}$ penuh ialah 0,000196 kg/s dengan intensitas matahari 1603,497 watt/m² dan *mass flow rate* uap terendah ialah $7,09 \times 10^{-5}$ kg/s pada intensitas matahari 944,57 watt/m². *Mass flow rate* uap tertinggi pada volume $\frac{3}{4}$ penuh ialah 0,000225 kg/s dengan intensitas matahari 1803,545 watt/m² dan *mass flow rate* uap terendah ialah $8,26 \times 10^{-5}$ kg/s pada intensitas matahari 968,84 watt/m².

6.3.9 Hari Praktikum dengan Daya Panel Evaporator



Gambar 6.37. Grafik Hari Praktikum dengan Daya yang Dihasilkan

Daya pada panel evaporator (Q_{nett}) bergantung dari nilai intensitas matahari yang diterima sistem. Intensitas matahari dan hari praktikum dengan daya panel evaporator (Q_{nett}) berbanding lurus seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.10.

$$Q_{\text{nett}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{loss}} \\ = (\alpha \cdot I \cdot A \cdot \tau) - (U_p \cdot A \cdot (\Delta T))$$

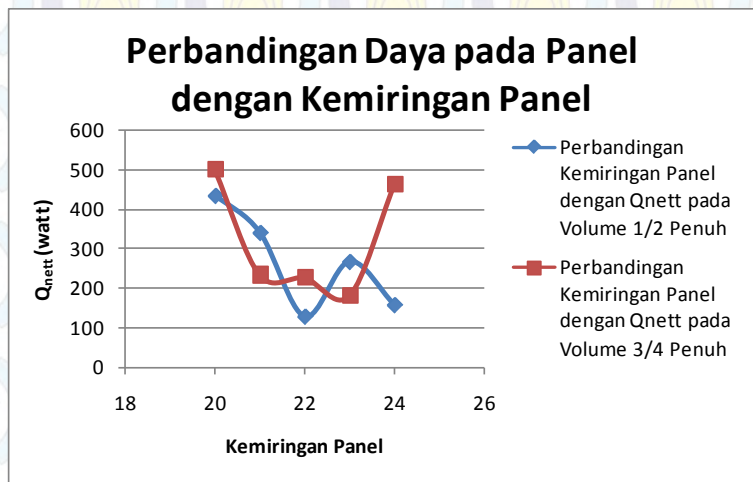
Berdasarkan grafik 6.37, daya pada panel evaporator (Q_{nett}) maksimum pada volume tube $\frac{1}{2}$ penuh 434,67 watt pada 1 Juli 2014 dengan intensitas matahari 1603,497 watt/m² dan daya panel evaporator (Q_{nett}) minimum 129,14 watt pada 5 Juli 2014 dengan intensitas matahari 909,76 watt/m². Daya panel evaporator (Q_{nett}) maksimum pada volume $\frac{3}{4}$ penuh 498,48 watt pada 2 Juli 2014 dengan intensitas matahari 1803,545 watt/m² dan daya panel

evaporator minimum 183,35 watt pada 11 Juli 2014 dengan intensitas matahari 968,84 watt/m².

6.3.10 Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan Daya yang Dihasilkan

Tabel 6.34 Data Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan Daya yang Dihasilkan

Tanggal	V _{Tube}	Q _{nett}	θ
01/07/2014	1/2 penuh	434,6741	20
03/07/2014	1/2 penuh	340,9218	21
05/07/2014	1/2 penuh	129,1362	22
10/07/2014	1/2 penuh	267,528	23
12/07/2014	1/2 penuh	158,3319	24
02/07/2014	3/4 penuh	498,4843	20
04/07/2014	3/4 penuh	234,3882	21
06/07/2014	3/4 penuh	227,2594	22
11/07/2014	3/4 penuh	183,3503	23
13/07/2014	3/4 penuh	463,0216	24



Gambar 6.38. Grafik Sudut Kemiringan dengan Daya yang Dihasilkan

Berdasarkan grafik 6.38, perbandingan daya pada panel evaporator (Qnett) yang diterima dengan Sudut panel mencapai maksimum pada sudut 20° . Pada volume $\frac{1}{2}$ penuh mencapai titik tertinggi daya ketika sudut 20° dengan Qnett 434,67 watt dan titik terendah pada sudut 22° dengan Qnett sebesar 129,14 watt. Pada volume $\frac{3}{4}$ penuh mencapai puncak daya ketika sudut 20° dengan Qnett 498,48 dan titik terendah daya ketika sudut 23° dengan Qnett 183,35 watt.

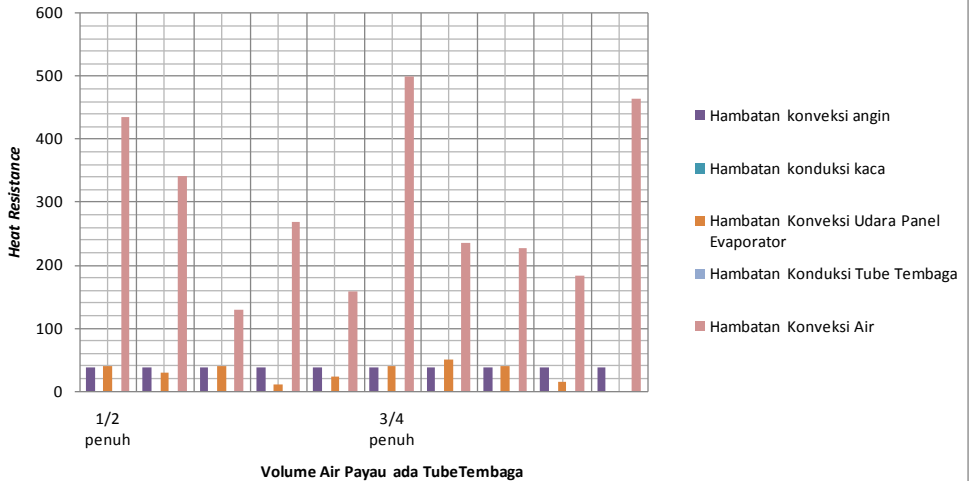
6.3.11 Heat Resistance pada Panel Evaporator

Heat resistance pada panel evaporator ialah konveksi angin (h_{wind}), konduksi kaca (h_{k-0}), konveksi udara dalam panel evaporator (h_{c-1}), konduksi tube tembaga (h_{k-1}) dan konveksi air payau pada tube tembaga (h_{c-3}).

Tabel 6.35 Data Perhitungan Heat Resistance pada Panel Evaporator

Tanggal	V_{Tube}	T_4°	T_5°	T_w	h_{c-0}	h_{k-0}	h_{c-1}	h_{k-1}	h_{c-3}
01/07/2014	1/2 penuh	59	67	64,71224	37,354	0,01554	39,6	1,08062E-05	435,5684
03/07/2014		58	64	62,20567	37,354	0,01554	29,7	1,08062E-05	341,6232
05/07/2014		55	63	62,32033	37,354	0,01554	39,6	1,08062E-05	129,4018
10/07/2014		71	69	67,59196	37,354	0,01554	9,9	1,08062E-05	268,0784
12/07/2014		64,5	60	59,16667	37,354	0,01554	22,275	1,08062E-05	158,6576
02/07/2014	3/4 penuh	60	68	65,37639	37,354	0,01554	39,6	1,08062E-05	499,5099
04/07/2014		58	68	66,76638	37,354	0,01554	49,5	1,08062E-05	234,8704
06/07/2014		53	61	59,8039	37,354	0,01554	39,6	1,08062E-05	227,727
11/07/2014		69	66	65,035	37,354	0,01554	14,85	1,08062E-05	183,7275
13/07/2014		38	38	35,56304	37,354	0,01554	0	1,08062E-05	463,9742

***Heat resistance* pada Panel Evaporator dengan Volume Air dalam Tube Tembaga**



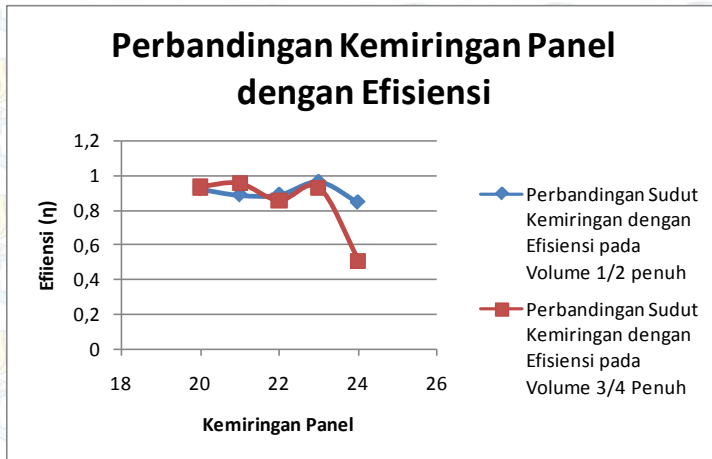
Gambar 6.39. Grafik *Heat Resistance* pada Panel Evaporator

Heat resistance bergantung pada material dan desain yang digunakan. Berdasarkan gambar 6.39. nilai koefisien *heat resistance* tertinggi pada konveksi air ialah 499,51 pada 2 Juli 2014 dan konveksi air terendah ialah 129,4 pada 5 Juli 2014. Nilai koefisien *heat resistance* terendah pada konduksi pada tube tembaga $1,08 \times 10^{-5}$, nilai koefisien *heat resistance* selama hari praktikum konstan karena menggunakan material yang sama. Nilai koefisien konduksi pada data hasil praktikum selalu konstan

6.3.12 Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan Efisiensi Panel Evaporator

Tabel 6.35 Data Sudut Kemiringan Panel Evaporator dengan Efisiensi Panel Evaporator

Tanggal	V_{Tube}	η	θ
01/07/2014	1/2 penuh	0,924461	20
03/07/2014	1/2 penuh	0,888652	21
05/07/2014	1/2 penuh	0,89029	22
10/07/2014	1/2 penuh	0,965599	23
12/07/2014	1/2 penuh	0,845238	24
02/07/2014	3/4 penuh	0,933948	20
04/07/2014	3/4 penuh	0,953805	21
06/07/2014	3/4 penuh	0,854341	22
11/07/2014	3/4 penuh	0,929071	23
13/07/2014	3/4 penuh	0,508043	24



Gambar 6.40. Grafik Sudut Kemiringan dengan Efisiensi

Berdasarkan grafik 6.40, sudut kemiringan panel evaporator pada volume $\frac{1}{2}$ penuh mencapai efisiensi maksimum 96, 56%

pada sudut 23° dan mencapai efisiensi minimum 88,87% pada sudut 21°. Sudut kemiringan panel evaporator pada volume $\frac{3}{4}$ penuh mencapai maksimum 95,38% pada sudut 21° dan mencapai minimum 85,43% pada sudut 22°. Data efisiensi diambil pada pukul 12.00 di masing-masing hari.

6.3.13 Perhitungan Dimensi Evaporator Uap Berdasarkan Kebutuhan

Perhitungan dimensi sistem evaporasi uap mengacu pada kebutuhan konsumsi air per orang yaitu 5 liter/hari/orang. Waktu pemanasan yang digunakan ialah 6 jam dari jam 10.00 – 16.00 dan desain temperatur penguapan air 70°C. Perhitungan dimensi evaporator uap berdasarkan kebutuhan ialah sebagai berikut:

- a. Perhitungan *mass flow rate* (\dot{m}_{ak}')

$$\dot{m}_{ak}' = \frac{V \times \rho}{t}$$

Keterangan :

V = volume kebutuhan air minum
= 5 liter = 0,005 m³

ρ = massa jenis air pada temperatur 70oC
= 977,5 kg/m³

t = waktu pemanasan (s)

$$= \frac{0,005 \times 977,5}{6 \times 3600}$$

$$= 0,00023 \text{ kg/s}$$

- b. Perhitungan *Qnett* kebutuhan (Q_{nett}')

$$Q_{nett}' = \frac{\dot{m}_{ak}'}{\Delta h}$$

Keterangan :

hfg = entalpi penguapan pada air payau di suhu tertinggi (64,71°C)

$$= 2347,87 \text{ kJ/kg}$$

hf = entalpi awal air payau (32°C)

$$= 125,604 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned}\Delta h &= 2222,266 \text{ kJ/kg} = 2222,266 \times 10^3 \text{ J/kg} \\ &= \frac{0,00023}{2222,266 \times 10^3} \\ &= 502,839 \text{ watt}\end{aligned}$$

c. Perhitungan Intensitas Matahari (IT)

$$IT = G_R \left[1 + 0.333 \cos \left(\frac{360n}{365.25} \right) \right]$$

Keterangan :

GR = Konstanta Surya

$$= 1353 \text{ W/m}^2$$

n = Urutan hari percobaan (01/07/2014)

$$= 152$$

$$\begin{aligned}IT &= 1353 \left[1 + 0.333 \cos \left(\frac{360 \times 152}{365.25} \right) \right] \\ &= 1803,545 \text{ Watt/m}^2\end{aligned}$$

d. Perhitungan Hambatan Angin (h_{wind})

$$h_{wind} = 5,7 + 3,8v_{wind}$$

$$= 5,7 + 3,8 \times 8,33$$

$$= 37,354$$

e. Perhitungan Luas Permukaan Kaca (A_k')

$$Q_{nett} = (\alpha \times IT \times A_k' \times \tau) - (h_{wind} \times A_k' \times \Delta T_1)$$

$$A_k' = 0,32 \text{ m}^2$$

Dimensi kaca yang digunakan :

Panjang kaca : 800 mm

Lebar kaca : 400 mm

Tebal kaca : 5 mm

f. Perhitungan Dimensi Panel Evaporator

$$Q_{\text{nett}}' = Q_{\text{udara}} = m_{\text{udara}} \times C_{\text{udara}} \times (T_4^{\circ} - T_1^{\circ})$$

Keterangan :

 m_{udara} = massa udara (kg) C_{udara} = kalor jenis udara = 670 J/kg°C ρ_{udara} = massa jenis udara = 1,2 kg/m³ T_1° = 35°C T_5° = 55°C $m_{\text{udara}} = 0,0375 \text{ kg}$ $V_{\text{udara}} = 0,03 \text{ m}^3$

Dimensi panel evaporator yang digunakan :

Panjang panel : 800 mm

Lebar panel : 500 mm

Tinggi panel : 70 mm

g. Perhitungan Dimensi Tube Tembaga

$$Q_{\text{nett}} = \frac{T_5 - T_w}{\frac{L}{k_{\text{tube}} A} + \frac{1}{h_{\text{air}} A}}$$

Keterangan :

 T_5° = 55°C $T_w = 70^{\circ}\text{C}$ $A = 0,0377 \text{ m}^2$

Dimensi tube tembaga

Diameter tube (D) : 1/2 "

Jumlah tube (n) : 2

Panjang tube : 470 mm

h. Perhitungan Panjang Pipa Kapiler

$$\Delta L = \left[(p_1 - p_2) - \frac{\dot{m}}{A} (v_2 - v_1) \right] \times \left(\frac{2DA}{f_m V_m \dot{m}} \right)$$

$$\Delta L = 0,726 \text{ m}$$

Dimensi Sistem Evaporator Sesuai Kebutuhan

Dimensi Sistem Evaporasi Uap Tenaga Surya

1. Dimensi Panel Apparatus

Panjang :	900	mm
Lebar :	500	mm
Tinggi :	69,49131	mm

2. Dimensi Kaca

Panjang :	800	mm
Lebar :	407,7409	mm
Tebal :	5	mm

3. Dimensi Tube Apparatus

Diameter :	0,5	inchi
Panjang :	473,2352	mm
Tebal :	0,89	mm
Jumlah :	2	

4. Dimensi Pipa Kapiler yang digunakan :

Diameter :	1,8	mm
Panjang :	3316,953	mm

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Distribusi temperatur pada panel dari lingkungan hingga tube tembaga luar meningkat, kemudian berkurang ketika sampai ke air payau yang ada di dalam tube. Hal ini dikarenakan adanya *heat loss* karena konduksi dan konveksi pada air di dalam tube tembaga. Berdasarkan percobaan, distribusi tertinggi terdapat pada 4 Juli 2014 dengan temperatur lingkungan 45°C , temperatur kaca 60°C , temperatur udara dalam panel 58°C , temperatur tube luar 68°C dan temperatur air payau $66,77^{\circ}\text{C}$ dan distribusi temperatur terendah terdapat pada 13 Juli 2014 dengan temperatur lingkungan 33°C , temperatur kaca 36°C , temperatur udara dalam panel 38°C , temperatur tube luar 38°C dan temperatur air payau $35,56^{\circ}\text{C}$.
2. Daya sistem (Qnett) pada percobaan mengalami kenaikan pada pukul 10.00 Qnett akan terus bertambah jika perbedaan suhu antara lingkungan dan permukaan kaca semakin kecil. Sedangkan intensitas matahari akan konstan disetiap jam pada hari tertentu karena intensitas matahari tergantung pada jumlah hari. Intensitas tertinggi dicapai pada $1803,545 \text{ watt/m}^2$ dengan Qnett sebesar 698,79 watt pada tanggal 2 Juli 2014.
3. Berdasarkan hasil percobaan perbandingan daya sistem (Qnett) yang diterima pada Sudut panel mencapai maksimum pada sudut 20° . Pada volume $\frac{1}{2}$ penuh mencapai puncak daya ketika sudut 20° sebesar 698,79 watt. Pada volume $\frac{3}{4}$ penuh mencapai puncak daya ketika sudut 20° dengan daya sebesar 618,275 watt dan membentuk parabola dan mulai naik sudut 22° . Sehingga

dapat dikatakan panel apparatus menghasilkan daya tertinggi ketika sudut 20° .

4. Berdasarkan hasil percobaan, sudut kemiringan panel pada volume $\frac{1}{2}$ penuh mencapai efisiensi maksimum pada sudut 23° sebesar 0,96 dan pada volume $\frac{3}{4}$ penuh mencapai maksimum pada sudut 21° sebesar 0,93. Data efisiensi diambil pada pukul 12.00 di masing-masing hari.

7.2 Saran

1. Diperlukan desain box panel evaporator yang dilengkapi dengan absorber sebagai tambahan dalam penyerapan panas.
2. Percobaan dengan menggunakan tipe tube berliku yang mampu mengarahkan uap ke kondensor tanpa header.

DAFTAR PUSTAKA

Buchori, Luqman. 2009. **Perpindahan Panas** : Buku Ajar Perpindahan Panas Bagian I. Semarang : Jurusan Teknik Kimia – Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Holman, J.P. Diterjemahkan oleh Ir. E. Jasjfi M. Sc. 1997. **Perpindahan Panas Konduksi, Konveksi Dan Radiasi** : Perpindahan Kalor. Jakarta : Erlangga.

Sularso. 1987. Pompa dan Kompresor : **Perhitungan Head Loss**. Jakarta : Pradya Parmitha.

Jansen, T.J. Diterjemahkan oleh Prof. Wiranto Arismunandar. 1995. "Teknologi Rekayasa Surya". **Intensitas Matahari**. Jakarta : Pradya Paramita.

DEPKES, DIRJEN PPM & PLP. 1977. "Pedoman Teknis (dalam Penyusunan Peraturan Daerah TK II) tentang Pengawasan Kualitas Air". **Syarat – Syarat Air Bersih**. Jakarta : Departemen Kesehatan RI

Ketut Astawa, Made Sucipta, I Putu Gede Artha Negara. April 2011. "Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Peyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton". **Keseimbangan Energi**. 8 – 10.

Ratih Suci Apriani, Putu Wesen. Diakses pada September 2013. "Penurunan Salinitas Air Payau Dengan Menggunakan Resin Penukar Ion". **Karakteristik Air Payau**. 2 – 3.

Hartono Budi Santoso, Agung Harjatmo, Arya Wulung Dan Suwidodo. 2008. "Pembuatan Solar Collector Sistem Siklus

Terbuka Dengan Alat Kontrol Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535”. **Radiasi Matahari**. 3 – 9.

Sungadiyanto. 2006. “Studi Eksperimental Performa Mesin Pengkondisian Udara (AC) MC Quay Refrigeran R-22 pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang”. **Laju Aliran Kalor Evaporator**. 27 – 28.

CEN/TC 228. 2006. “*Heating System in Building – Method for Calculation of System Energy Requirement and System Efficiencies – part 3-2: Domestic Hot Water Systems, Distribution*”. **Calculation of Heat Emission from Pipes**. 20 – 28.

Made wirawan, Rudy Sutanto. 2011. “Analisa Laju Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya Tipe Pelat Datar dengan Absorber Pasir”. **Tahanan Termal pada Kolektor Surya**. 2 – 5.

Akhirudin, Taufik. 2008. “Desain Alat Destilasi Air Laut dengan Sumber Energi Tenaga Surya sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih”. **Destilasi dan Kolektor Panas**. 4 – 5 : 9 – 10.

Irfan Santosa, ST, Agus Wibowo, ST., MT, Galuh Renggani Wilis, ST., MT. 2010. “Pengaruh Kemiringan kaca pada alat basin solar still terhadap kapasitas air hasil destilasi”. **Tinjauan Thermal pada Alat Destilator Surya**. 16 – 19.

Affandi, Khilmi. 2014. Studi eksperimental sistem kondensasi uap hasil evaporasi pada sistem desalinasi tenaga matahari. Surabaya

Anonim. September 2013. **Teori Dasar Perhitungan Sistem Destilasi**, Diakses di <URL : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18672/4/Capter%20II.pdf>>

Anonim. Juli 2013. **Pengertian Destilasi**. Diakses di <URL : <http://ismiariningsih.blogspot.com/2012/11/destilasi.html>>

Anonim. Oktober 2013. **Kecepatan Angin Rata-Rata Surabaya**. Diakses di <URL : http://cuaca.mirbig.net/id/ID/08/1625822_Kota+Surabaya>

Anonim. Februari 2014. **Tebal Pipa**. Diakses di <URL : <http://www.garda-ac.com/index2.php?pilih=hal&id=9>>

Anonim. April 2014. **Perhitungan Panjang Pipa Kapiler**. Diakses di <URL : <http://cocodimo.blogspot.com/2013/07/menghitung-panjang-pipa-kapiler.html>>

Anonim. Februari 2014. **Tabel Konduktivitas Thermal**. Diakses di : <http://tironan.wordpress.com/2011/04/05/konduktifitas-termal-2/>>



L1 Tabel Konduktivitas Termal

Bahan	Konduktivitas Termal (k)	
	W/m°C	Btu/h.ft°R
Logam		
Perak (murni)	410	237
Tembaga (murni)	385	223
Aluminium (murni)	202	117
Nikel (murni)	93	54
Besi (murni)	73	42
Baja Karbon, 1% C	43	25
Timbal (murni)	35	20,3
Baja krom-nikel (18% Cr, 8% Ni)	16,3	9,4
Bukan Logam		
Kuarsa (sejajar sumbu)	41,6	24
Magnesit	4,15	2,4
Marmer	2,08 - 2,94	1,2 - 1,7
Batu Pasir	1,83	1,06
Kaca Jendela	0,78	0,45
Kayu maple atau ek	0,17	0,096
Serbuk Gergaji	0,059	0,034
Wol Kaca	0,038	0,022
Zat Cair		
Air Raksa	8,21	4,74
Air	0,556	0,327
Ammonia	0,54	0,312
Minyak Lumas, SAE 50	0,147	0,085
Freon 12, CCl ₂ F ₂	0,073	0,042
Gas		
Hidrogen	0,175	0,101
Helium	0,141	0,081
Udara	0,024	0,0139
Uap air (jenuh)	0,0206	0,0119
Karbon dioksida	146	0,00844

L2 Tabel Emisivitas

Table of Total Emissivity

These tables are presented for use as a guide when making infrared temperature measurements with the OMEGASCOPE® or other infrared pyrometers. The total emissivity (ϵ) for Metals, Non-metals, and Common Building Materials are given.

Since the emissivity of a material will vary as a function of temperature and surface finish, the values in these tables should be used only as a guide for relative or delta measurements.

The exact emissivity of a material should be determined when absolute measurements are required. **METAL**

METALS

[illegible]

omega.com®

Your One-Stop Source for Process Measurement and Control!

One Omega Drive | Stamford, CT 06907 | 1-888-TC-OMEGA (1-888-826-6342) | info@omega.com

www.omega.com



UNITED STATES

www.omega.com

1-800-TC-OMEGA

Stamford, CT

CANADA

www.omega.ca

Laval (Quebec)

1-800-TC-OMEGA

GERMANY

www.omega.de

Deckenpfronn, Germany

0800-8268342

UNITED KINGDOM

www.omega.co.uk

Manchester, England

0800-488-488

FRANCE

www.omega.fr

Guyancourt, France

098-466-342

CZECH REPUBLIC

www.omega.cz

Karviná, Czech Republic

596-311-899

BENELUX

www.omega.nl

Amstelveen, NL

0800-099-33-44



More than 100,000 Products Available!

• Temperature

Calibrators, Connectors, General Test and Measurement Instruments, Glass Bulb Thermometers, Handheld Instruments for Temperature Measurement, Ice Point References, Indicating Labels, Crayons, Cements and Lacquers, Infrared Temperature Measurement Instruments, Recorders, Relative Humidity Measurement Instruments, RTD Probes, Elements and Assemblies, Temperature & Process Meters, Timers and Counters, Temperature and Process Controllers and Power Switching Devices, Thermistor Elements, Probes and Assemblies, Thermocouples, Thermowells and Head and Well Assemblies, Transmitters, Wire

• Flow and Level

Air Velocity Indicators, Doppler Flowmeters, Level Measurement, Magnetic Flowmeters, Mass Flowmeters, Pitot Tubes, Pumps, Rotameters, Turbine and Paddle Wheel Flowmeters, Ultrasonic Flowmeters, Valves, Variable Area Flowmeters, Vortex Shedding Flowmeters

• pH and Conductivity

Conductivity Instrumentation, Dissolved Oxygen Instrumentation, Environmental Instrumentation, pH Electrodes and Instruments, Water and Soil Analysis Instrumentation

• Data Acquisition

Auto-Dialers and Alarm Monitoring Systems, Communication Products and Converters, Data Acquisition and Analysis Software, Data Loggers, Plug-in Cards, Signal Conditioners, USB, RS232, RS485 and Parallel Port Data Acquisition Systems, Wireless Transmitters and Receivers

• Pressure, Strain and Force

Displacement Transducers, Dynamic Measurement Force Sensors, Instrumentation for Pressure and Strain Measurements, Load Cells, Pressure Gauges, Pressure Reference Section, Pressure Switches, Pressure Transducers, Proximity Transducers, Regulators, Strain Gages, Torque Transducers, Valves

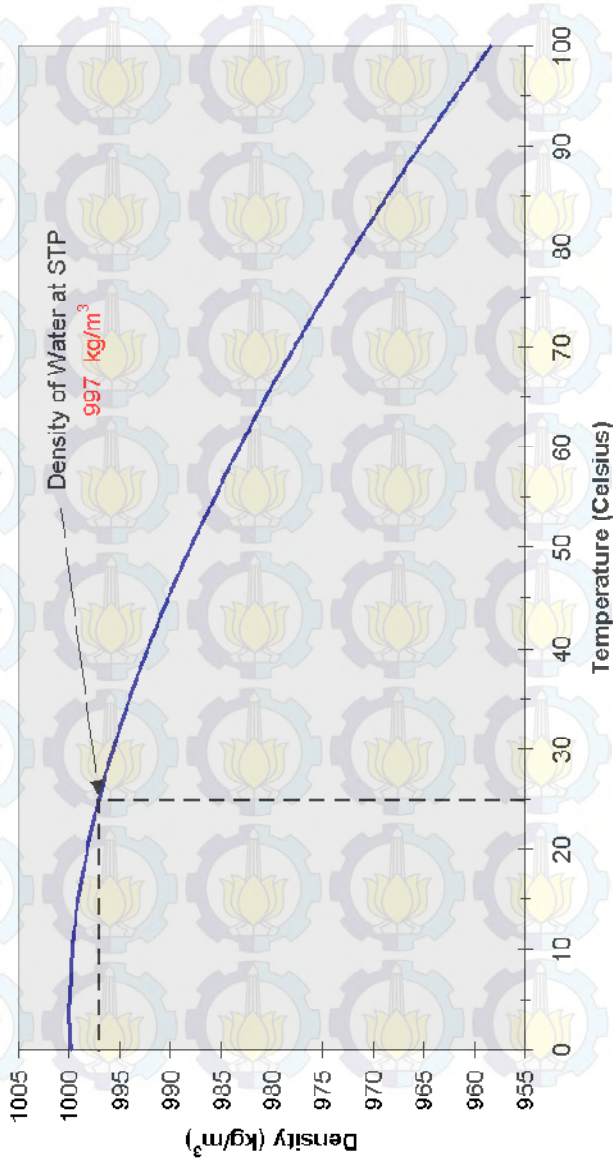
• Heaters

Band Heaters, Cartridge Heaters, Circulation Heaters, Comfort Heaters, Controllers, Meters and Switching Devices, Flexible Heaters, General Test and Measurement Instruments, Heater Hook-up Wire, Heating Cable Systems, Immersion Heaters, Process Air and Duct Heaters, Radiant Heaters, Strip Heaters, Tubular Heaters

• [click here to go to the omega.com home page](http://www.omega.com) •

L3 Density of Water

Density of Water at 1 atm as a Function of Temperature





BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Denpasar Provinsi Bali pada 23 Oktober 1992. Penulis merupakan anak sulung dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan formal yang telah ditempuh antara lain SDN 1 Ubung, SMP PGRI 8 Denpasar dan SMAN 8 Denpasar. Setelah lulus dari SMAN 8 Denpasar, kemudian penulis melanjutkan pendidikan formal ke jenjang Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan – Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur PMDK Reguler pada tahun 2010 dan terdaftar dengan NRP. 4210100010. Di jurusan Teknik Sistem Perkapalan, penulis mengambil bidang keahlian Marine Machinery and System (MMS). Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard dan PT. Antakesuma Inti Raharja. Selama proses perkuliahan, penulis aktif pada berbagai kegiatan akademis dan non – akademis. Dalam kegiatan akademis penulis pernah menjadi grader praktikum Pompa Sentrifugal dan Sistem Pneumatis pada Laboratorium *Marine Machinery and Systems* (MMS) pada tahun 2012-2013. Dalam kegiatan non akademis penulis pernah aktif pada Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (HIMASISKAL) sebagai Dewan Perwakilan Angkatan periode 2012-2013 dan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan (BEM FTK) sebagai staf Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (staf PSDM) periode 2012-2013. Serta penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan program kepalatihan, baik dari Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ataupun dari luar.